

Министерство образования и науки Украины

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

**В.О. Соловьев, И.М. Фык,  
Е.П. Варавина**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В НЕФТЕГАЗОВОМ ДЕЛЕ**

*Учебное пособие*

Харьков  
НТУ «ХПИ»  
2013

УДК 665.71:504  
ББК 35.513+28.081  
Э 40

*Рекомендация к изданию ученым советом факультета  
«Технологии органических веществ» НТУ «ХПИ» (протокол №1 от 14.09.2012 г.)*

**Р е ц е н з е н т ы :**

*Зубков Е.Ф.*, канд. техн. наук, доцент НТУ «ХПИ»

*Шапоров В.П.*, докт. техн. наук, проф., зав. кафедрой НТУ «ХПИ»

Э 40      Соловьев В.О. Экологическая безопасность в нефтегазовом деле: учебное пособие / В.О. Соловьев, И.М. Фык, Е.П. Варавина. – Х. : НТУ «ХПИ», 2013. – 96 с.

В пособии рассмотрены вопросы экологической безопасности применительно к нефтегазопромысловому делу. Они включают оценку воздействия на окружающую среду в процессе поисков, разведки и добычи нефти и газа, их переработки и транспортировки. Особое внимание уделено разного рода нарушениям при бурении и их последствиям, охране подземных вод и недр. Рассмотрено законодательное обеспечение охраны природы, международное сотрудничество.

Пособие предназначено для студентов специальности 7.050304-01 «Добыча нефти и газа»; может также быть полезным студентам, специализирующимся по геологии нефти и газа, некоторым общим вопросам экологии.

В посібнику розглянуті питання екологічної безпеки стосовно нафтогазової справи. Вони включають оцінку впливу на оточуюче середовище в процесі пошуку, розвідки й видобування нафти й газу, їх переробки й транспортування. Особлива увага приділена різного роду порушенням при бурінні та їх наслідкам, охороні підземних вод й надр. Розглянуто законодавче забезпечення охорони природи, міжнародне співробітництво.

Посібник призначений для студентів спеціальності 7.050304-01 «Видобуток нафти і газу»; може також бути корисний студентам, що спеціалізуються з геології нафти і газу, деяким загальним питанням екології.

УДК 665.71:504  
ББК 35.513+28.081

© В.О. Соловьев, И.М. Фык, Е.П. Варавина, 2013

## ВВЕДЕНИЕ

Целью курса является систематизация информации и получение знаний в области тех нарушений окружающей среды, которые могут возникать в нефтегазовом деле: в процессе разработки нефтегазовых месторождений, а также при переработке, транспортировке и хранении углеводородов. Они очень многообразны. Загрязняется атмосфера и поверхность, в том числе водная, недра, подземные воды, почвы. Происходят нарушение динамического равновесия в земной коре, негативные изменения в биосфере. Иногда взрывы нефти и газа сопровождаются катастрофическими последствиями, сведения о которых здесь также будут приведены. В последнее время резко возросло внимание к охране окружающей среды, что отражено в системе государственных и международных законодательных актов и требований. Мы должны знать о международном сотрудничестве в этой области и выполнять действующие законы и нормы. Такая требовательность возникает в связи с возрастанием работ в пограничных акваториях, районах многолетней мерзлоты, безводных или курортных регионах, где есть особые требования и сложности охраны окружающей среды.

Учебное пособие рассчитано на студентов, обучающихся по специальности «Добыча нефти и газа», но оно может быть полезным и при изучении вопросов в области геологии нефти и газа, транспортировки, переработке и хранении углеводородов, а также ряде других профессий, изучаемых в вузах Харькова и других городов Украины и России. В том числе для общеэкологических специальностей. Учебным планом нашего курса предусмотрены лекции в объеме 32 часа и практические занятия (16 часов), а также индивидуальные задания и зачет. Освоение этого курса предусмотрено в X семестре; к этому времени студенты уже получили основные знания по своей специальности. Краткое изложение программы и индивидуальные задания приведены в приложении.

Мы хотим обратить внимание на такие моменты. Экология как термин и наука возникли уже полторы сотни лет назад. Новым ее направлением являются экологическая геология и гидрогеология, оформившиеся лишь два десятилетия назад, и активно развивающиеся в нашей стране. Последние десятилетия стали временем активной природоохранной деятельностью, что вполне естественно в условиях интенсивной геологической деятельности человека. Это требует оценки воздействия на окружающую среду. А нам нужно разобраться в этих терминах, понятиях и направлениях деятельности, чтобы свести до минимума негативное воздействие на эту среду.

## ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЕЕ НАРУШЕНИЯ

Цель данного раздела дать общие представления об окружающей среде, которую мы должны защищать в процессе нашей трудовой деятельности, нефтегазопромыслового дела. А также о том научном направлении, что решает вопросы ее охраны; оно получило название экологической геологии. Освоение нашего курса «Экологическая безопасность в нефтегазовом деле» предполагает получение знаний не только об окружающей среде, но и о ее составной части – геологической среде, испытывающей основную нагрузку при освоении нефтегазовых скоплений.

Нужно иметь знания, получить информацию о природных процессах, играющих иногда негативную роль в жизни человека, о геологической деятельности человека. Особое внимание нужно уделить подземным водам, являющимся составным элементом геологической среды. Вопросы экологической гидрогеологии, учитывая важность подземных вод в водоснабжении и сложность восстановления нарушенных подземных водоносных горизонтов, относятся к числу ключевых. Наконец, нефтегазопромысловые работы загрязняют поверхность и атмосферу, иногда резко нарушают равновесие в окружающей среде. Нужно хорошо знать и понимать эти нарушения и те последствия, к которым они могут привести.

### ***Структура экологии, основные ее направления***

Освоение курса «Экологическая безопасность» нужно начать с уточнения сути ее основы – *экологии*, науки, обозначающей в переводе с греческого – дом, место обитания и наука. Термин и понятия эти были введены Э. Геккелем (1866); в своем капитальном труде «Всеобщая морфология организмов» он писал: «Под экологией мы понимаем...изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической». Традиционно экология рассматривалась как часть биологии и в ее составе выделяли экологию растений, животных, общую и эволюционную экологию и др.

С 1960-х годов понимание экологии существенно меняется. В связи с усилением внимания к охране природы, развитием сложных технологических производств, ростом сельскохозяйственных площадей, строительством и другими направлениями хозяйственной деятельности, оказывающими значительное воздействие на окружающую среду, экология начинает изучать их влияние на жизнь человека, сохранность животных и растений, природы в целом. Она становится наукой еще и географической, социологической, медицинской, геологической, своеобразными разделами этих наук. Появляются понятия всеобщей или «большой» экологии, мегаэкологии, неоэкологии, геоэкологии. И отдельных ее разделов или направлений.

Географический аспект всегда был важным или даже определяющим в экологии; он получил название геоэкологии. Это связано с тем, что жизнь животных и растений тесно связана с окружающей средой, которая обычно была предметом географии. Вместе с тем, сам термин «геоэкология» появился или точнее начал активно использоваться лишь с конца 1960-х годов. Это направление изучало проблемы контроля качества окружающей среды, процессов трансформации ее нарушения, загрязняющих веществ, экологической безопасности и политики, природопользования и многое другое. Данное направление следует понимать как изучение площадных особенностей или нарушений экологического равновесия применительно к природным условиям.

*Геоэкология*, или площадное, географическое направление экологии, должно рассматриваться как естественная составная часть этой науки, которая предполагает изучение живых организмов с окружающей средой. Хотя термин этот начал широко использоваться лишь в конце 1960-х годов, именно географическое направление воздействия расшифровывалось уже в середине XIX ст. при изучении оледенений прошлого (Ж.Л. Агассиц, 1834, 1840; В. Бланфорд, 1856; П.А. Кропоткин, 1876 и др.), при использовании метода актуализма для расшифровки процессов геологической истории (Ч. Лайель, 1830). К 1895 г. относится работа Е. Варминга «Экологическая география растений». В числе основных направлений физической географии находится выявление климатической и биологической зональности. Изучением современных природных катастроф география занимается не менее активно, чем геология.

Еще одним активно развивающимся в настоящее время направлением стала экогеология или *экологическая геология*, занимающаяся изучением воздействий человека, техногенеза и самой природы на геологическую среду, недра. В сферу ее исследований входят общая характеристика геологической среды, ее изменений под воздействием техногенеза, разработка методов наблюдений за ней (литомониторинг), характеристика и охрана водных ресурсов, главным образом, подземных вод, подземной гидросферы. А также рациональная разработка полезных ископаемых, полнота их извлечения и использования, бережное отношение к недрам. Поскольку большинство энергетических ресурсов, без которых в настоящее время невозможно развитие человеческого общества, содержится в земной коре, а процессы их извлечения и переработки связаны с возможным нарушением геологической среды, именно это направление экологии следует считать в числе основных для рассматриваемой науки.

Необходимо обратить внимание на такой момент. Со времени первого появления термина «экологическая геология» (экогеология), введенного в 1989 г. Н.И. Плотниковым и Н.А. Карцевым, направление это стало активно развиваться именно в Украине. В числе работ данного профиля нужно назвать справочное пособие «Экологическая геология Украины» (Е.Ф. Шнюков и др., 1993), учебники и учебные пособия О. Адаменко, Г. Рудько (1995, 1998), Г. Рудько, О. Адаменко (2001, 2009), Г.И. Рудько, И.П. Гамеляк (2003), словарь-справочник «Подземные воды. Экологическая геология» (2005), учебник «Екологічна геологія» под редакцией М.М. Коржнева, учебно-справочное пособие «Геологія і нафтогазоносність України» (2007) и ряд других, где данное направление наук о Земле охарактеризовано достаточно детально или наиболее полно.

В России в числе наиболее известных учебников по экологической геологии нужно назвать работу В.Т. Трофимова и Д.Г. Зилинга (2002), «Геоэкологию» М.К. Бахтеева (2001), «Инженерную экологию» И.И. Мазура и др. (1996), исследования В.Т. Трофимова и др. по теории и методологии экологической геологии (1997). Наиболее активно в пределах России развивалась экологическая гидрогеология (Н.И. Плотников, 1998; А.А. Шварц, 1997; А.П. Белоусова и др., 2006 и др.). С 1996 г. дисциплина «Экологическая гидрогеология» преподается на гидрогеологическом и геологическом факультетах РГГРУ (Российского государственного геологоразведочного универ-

ситета им. С. Орджоникидзе). Изучаются техногенные процессы в подземных водах (А.Б. Лисенков и др., 2003), подземные воды и окружающая среда (А.А. Жоров, 1998), экологические проблемы гидрогеологии (Е.В. Пиннекер, 1999), влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду (В.С. Ковалевский, 1994) и многие другие.

Нужно подчеркнуть, что характеристика экологической геологии в системе общих экологических знаний занимает незначительное место, а зачастую она просто не упоминается. Примером такого случая можно назвать учебное пособие В.А. Вронского «Прикладная экология» (1996) и его «Экология: Словарь-справочник» (1997), где этот термин не фигурирует. Хотя уже в 1989 г. в Украине на государственном уровне разработана программа геолого-экологических работ на 1990-2005 годы. Начали появляться учебно-справочные пособия по экологической геологии (1993, 1995, 1996 и др.). Такое явление следует объяснять тем, что биологи, а зачастую и географы, которые должны нести в школы геологические знания, сведения о необходимости охраны недр, зачастую незнакомы со многими вопросами геологии. В частности, нарушениями в земной коре, которые зачастую являются или могут быть более опасными, чем таковые на земной поверхности, в животном и растительном мире.

*Структура* экологической геологии не имеет однозначного понимания. В ее составе можно выделять общую или глобальную геоэкологию, которая включает ее аналитические и теоретические направления, динамическую геоэкологию, изучающую природные процессы, нарушающие равновесие в природе (вулканическая деятельность, землетрясения, динамику подземных вод). Как раздел этого направления, получивший название палеоэкологии, может обособляться учение об экологических кризисах и катастрофах в истории развития земной коры. Прикладным или практическим направлением экологии нужно считать охрану окружающей среды; применительно к экогеологии это может быть охрана недр, являющаяся очень широким и емким понятием. Следует подчеркнуть, что между геоэкологией и экогеологией не всегда можно провести четкую границу.

В числе геологических наук, которые сотрудничают с экогеологией, нужно назвать динамическую геологию, изучающую природные процессы, формирующие земную кору, гидрогеологию, предме-

том изучения которой являются подземные воды – важный и очень уязвимый элемент недр. А также историческую геологию, расшифровывающую события и катастрофы прошлого. Среди производственных направлений, оценивающих техническое состояние земных недр, обязательно упомянем инженерную геологию, дающую оценку устойчивости грунтов, изучающую динамику верхних слоев земной коры в связи с инженерной деятельностью человека (городское, промышленное и дорожное строительство, создание и эксплуатация гидротехнических сооружений и др.), что не позволит допускать техногенные катастрофы. Как самостоятельное и близкое к инженерной геологии направление иногда обособляется инженерная экология – комплексная научно-техническая дисциплина, определяющая меру разумной трудовой деятельности человека; суть его понимается сейчас по-разному.

Вероятно, наиболее крупным направлением современной экогеологии нужно считать экологическую гидрогеологию, которую Н.И. Плотников определяет как учение о роли гидрогеологических условий в существовании и развитии биосферы при негативном влиянии техногенеза. Он же считается автором этого термина (1992), рассматривающим экологическую гидрогеологию как прикладное направление в гидрогеологии и социальной экологии. Научное обоснование этого понятия сделано им в 1998 г. в работе «Введение в экологическую гидрогеологию» (МГУ). Ранее уже подчеркивалось, что это направление исследований получило особо активное развитие в России, учитывая многообразие ее природных вод, большую территорию, разные формы техногенного воздействия на них и понимание важности в дальнейшем обеспечении человечества питьевой, технической, лечебной и другими ее видами.

### ***Окружающая и геологическая среда***

Составной частью экологической геологии и одной из основных ее задач является разработка критериев и показателей, используемых для оценки состояния окружающей и, в первую очередь, геологической среды. Такая ситуация требует уточнения и четкого понимания этих понятий, организацию экологического мониторинга геологической среды, проведения соответствующего эколого-геологического картирования. Последнее положение полно освещено в справочнике



1993 г., учебнике О. Адаменко и Г. Рудько (1998), учебном пособии Г.И. Рудько и И.П. Гамеляки (2003); здесь будут сделаны лишь соответствующие ссылки и расставлены акценты.

*Окружающей средой* принято называть совокупность природных, социальных (включая среду жизнедеятельности человека) и техногенных факторов и условий существования человеческого общества, а также материальных объектов и явлений, оказывающих влияние на человека и его хозяйственную деятельность. К природным ее компонентам, или природной среде относятся географическое положение, устройство поверхности, климат местности, его минеральные, энергетические и водные ресурсы, почва, воздух, животный и растительный мир. Частично эти компоненты в той или иной степени могут быть изменены человеком (распашка земель, осушение болот, вырубка леса, нивелирование рельефа и др.); в этом случае говорят об измененной, или техногенной окружающей среде. В данное понятие входят также социально-экономические компоненты, которые определяют форму и объем обмена материальными продуктами, энергией, информацией. Средой жизнедеятельности человека называют территории населенных пунктов, земли сельхозугодий, курортных и рекреационных зон, водные объекты, предназначенные для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Соответственно, выделяют социальную окружающую среду, которой называют совокупность социально-бытовых условий жизнедеятельности людей, социально-экономических отношений между ними.

*Геологическая среда* является лишь составной частью окружающей среды. Это главный объект изучения экологической геологии, одно из основных определяющих ее понятий. Такой средой называют верхнюю часть литосферы и подземной гидросферы, которая находится под воздействием хозяйственной деятельности человека и в известной мере определяет ее. Данная многокомпонентная система включает недра, размещенные в них подземные воды, полезные ископаемые и другие интересующие человека объекты. Она активно взаимодействует и пространственно переплетается с биосферой, гидросферой, атмосферой. Верхней границей геологической среды принято считать земную поверхность, а нижняя определяется глубиной техногенного проникновения в литосферу – до 1–1,5 км в районах горнодобывающих работ и до 10 км и более в областях нефтегазодобычи.

Основными компонентами геологической среды является минеральное сырье, подземные воды и недра, подверженные техногенному воздействию. Она активно преобразуется человеком, что получило даже специальное определение – геологическая его деятельность. Соответственно, в задачи экологической геологии, как уже подчеркивалось, входит изучение не только природного фактора, но и техногенного воздействия на геологическую среду и недра. Продуктивное использование и охрана как окружающей, так и геологической среды возможно в современных условиях лишь при количественной оценке воздействия на них.

Вместе с тем, ресурсы литосферы необходимы для нормального развития органического мира в целом. Ее составными частями следует считать почвы, биофильные элементы, поваренную соль, другие компоненты. Если давать широкую трактовку понятию экологическая геология, то такие элементы литосферы как вулканы должны рассматриваться как возможный источник образования гидросферы, а устойчивое вулканическое тепло как условие для зарождения жизни на Земле. Оно же является источником тепловой энергии, которая лишь частично начинает использоваться человеком. Соответственно сейсмические зоны недр можно трактовать как фактор отрицательного воздействия на жизнь человека, а также некоторые группы организмов, что наблюдается в условиях проявления цунами. А учение о «Дыхании Земли» могло бы расшифровать природу и механизм неорганического происхождения нефти и газа. Однако современная экологическая геология ориентирована на решение преимущественно прикладных вопросов.

*Оценка воздействия* выполняемой и планируемой деятельности на окружающую природную среду (ОВОС) должна быть в такой ситуации разной и многоплановой; она будет различной для геологической среды, водной и воздушной среды, почв и других ее компонентов. В задачу такой оценки входит определение масштабов и уровней воздействия проектируемой деятельности на окружающую среду, разработку мероприятий по предотвращению или уменьшению вредных воздействий, приемлемости проектных решений с экологической точки зрения. Она включает *нормирование техногенного воздействия* на геологическую среду (санитарно-гигиеническое, биологическое), разработку критериев оценки эколого-геохимических условий. Показатели экологически неблагоприятных изменений должны быть разными или учитывать результаты действия природ-

ных геологических процессов и техногенеза, или геологической деятельности человека. Для всех этих случаев уже разработана сложная и многоплановая система ОВОС, существует большая группа специальных документов.

Оценка состояния геологической среды дополняется *экологическим мониторингом*, который включает создание системы наблюдательных баз и центров. Для условий такой деятельности предусматривается геохимический, геодинамический, гидрогеологический и другие виды мониторинга. Иногда комплекс таких наблюдений называют литомониторингом. Он, как правило, включает сейсмические и вулканологические станции, пункты гидрогеологических и геодинамических наблюдений, изучающих нарушение земной поверхности, другие службы для решения тех или иных конкретных вопросов.

В Украине такие мероприятия наиболее важны и остро необходимы в районах Крыма и Карпат. Именно поэтому первый в стране научный комплекс по литомониторингу был создан в 1984 г. Министерством геологии СССР в Никитской расселине Крыма. В его задачу входила организация наблюдений за динамикой, условиями формирования и деятельности подземных вод, слежение за оползнями, разработка мер борьбы с разрушительной работой моря и поверхностных водотоков в курортных районах полуострова, анализ сейсмической обстановки с предсказанием землетрясений, критических величин проседания (предупреждение провалов). В США своеобразные экогеологические наблюдения ведутся за характером перемещений в зоне разлома Сан-Андреас, которые позволяют прогнозировать сейсмические проявления. Для прилежащих к Юго-Восточной Азии акваторий разрабатываются планы прогнозирования землетрясений и рожденных ими цунами.

Одним из направлений оценки состояния геологической среды является проведение специализированного эколого-геологического картирования. Составление подобных карт предусматривает характеристику геодинамических свойств природных комплексов, гидрогеологическую обстановку, определение ландшафтно-геохимических условий, отображение других геоэкологических показателей. Оно включает также картографическое моделирование техногенных факторов и разработку инженерной геокибернетики – регулируемого контроля за состоянием геологической среды. Составным элементом всех таких построений и вычислений является предвидение экологического риска для разных случаев использования геологической среды.

## ***Природные процессы и их возможные негативные последствия***

Природные процессы изучает физическая география и динамическая геология. Те из них, проявления которых являются опасными для человечества, попадают в разряд катастрофических и становятся предметом геоэкологических исследований. Это, в первую очередь, такие эндогенные процессы как вулканизм и землетрясения, а также деятельность подземных вод, обуславливающая оползни и карст, или поверхностных вод, рождающих селевые потоки в горных районах, наводнения, цунами. Все подобные процессы становятся опасными в том случае, когда человеком выполнено строительство без их учета, в так называемой опасной зоне. Иногда подобные катастрофы – результат технических или инженерно-геологических просчетов (например, разрушение плотины речным паводком, строительство зданий без учета сейсмичности района). Все подобные явления становятся предметом геолого-экологических наблюдений.

Анализ человеческих жертв от природных катастроф показывает, что больше всего человек страдает от водной стихии – наводнений и цунами. Это естественно, так как большинство его поселений сосредоточено в долинах крупных рек, способных обеспечить развитие сельского хозяйства, или на живописных морских побережьях, удобных для проживания и отдыха. Достаточно коварной оказывается и внешне незаметная сейсмичность, которая, однако, может проявляться эпизодическими катастрофическими «встрясками». Землетрясения часто разрушали большие города. Кроме того, их предсказание пока еще находится в стадии разработки. Зачастую число жертв определяется не силой землетрясения, а неподготовленностью самих городов и населения к этому стихийному бедствию. Нужно подчеркнуть, что такие процессы проявляются неравномерно во времени, о чем свидетельствует резкая их активизация в течение 1983-89 годов.

Более понятным является поселение по соседству с действующими вулканами; это очевидный риск. Тем не менее, жители многих красочных районов Средиземноморья, восточных окраин Индийского океана или западных окраин Америки пренебрегают опасностью такого соседства. Общий итог проявления природных катастроф таков. За последнее столетие от наводнений в мире погибло 9 млн. человек, от землетрясений и ураганов – 2 млн. человек, от вулканиче-

ских извержений до 50 тыс. человек, от засух до 2 млн. человек. Таким образом, катастрофические процессы, связанные с воздействием гидросферы, почти на порядок превысили число жертв по сравнению с событиями в недрах, литосфере.

Кроме природных процессов, трактуемых как катастрофические, существует достаточно большая их группа, которая может относиться к негативным. Относительно небольшие объемы их проявления обычно не могут рассматриваться как катастрофические; такую угрозу несут лишь большие масштабы их распространения. К числу таковых следует относить наступление моря или пустынь, засоление почв или сокращение почвенного слоя, изменение климата в результате нарушения растительного покрова, разрастание или сокращение водных бассейнов, другие естественные или техногенные экологические изменения окружающей среды. Такие вопросы в большинстве своем изучает географическое направление экологии (геоэкология). Но геология, более полно владеющая палеогеографической информацией, зачастую самостоятельно берется решать некоторые из них.

Примером естественного изменения окружающей среды может быть разрастание пустынь, которое наблюдается уже в период существования человека, изоляция отдельных морских бассейнов и изменение солености их вод, что мы видим при ликвидации бассейна Паратетис и образовании из его частей Аральского и Каспийского морей. А также залива Кара-Богаз-гол в составе последнего или залива Сиваш в Черном море. В течение четвертичного периода фиксируется достаточно большое количество потеплений и похолоданий, резко меняющих экологические обстановки на больших площадях. В настоящее время сокращается ледяной покров в Антарктиде и на вершинах гор. В ряде случаев природные процессы ускоряются или усугубляются деятельностью человека, выразительными примерами которого является резкое сокращение площади Аральского моря, искусственное создание испарителей на Сиваше, осушение заболоченных площадей в Полесье. Особую группу природных процессов и явлений составляет многолетняя мерзлота, занимающая обширные площади приполярных районов Земли, которая усложняет жизнь человека и даже органического мира в целом в этих регионах.

## **Геологическая деятельность человека**

Деятельность эта очень многообразна, а масштабы ее проявления во многих районах весьма велики. Она получила название техногенеза; иногда для нее используют термин антропогенез (от греческого – рожденный человеком). Поскольку масштабы современного техногенеза в недрах часто сравнимы с природными процессами, их в последнее время называют *геологической деятельностью человека*. Результаты ее можно наблюдать практически во всех обжитых регионах, в том числе во всех промышленных и сельскохозяйственных районах Украины. Под геологической деятельностью человека понимаются те результаты производимого им преобразования природы и геологической среды, строительства, разработки полезных ископаемых, создания водоемов и другие мероприятия, которые в той или иной степени нарушают сохранность недр, режим ее подземных вод, изменяют рельеф, ускоряют или замедляют природные процессы. Попробуем систематизировать и хотя бы кратко охарактеризовать главные ее виды.

*Сельскохозяйственное использование земель* можно рассматривать как одно из древнейших направлений геологической деятельности человека, площадные масштабы которой сейчас вероятно наибольшие. Оно, как правило, сопровождается уничтожением или резким сокращением естественного растительного покрова, в том числе, ликвидацией лесов. Распашка земель является причиной активизации ветровой и водной эрозии. Агрохимические мероприятия, включающие использование удобрений и пестицидов, а также дренажные, мелиоративные, ирригационные работы, оказывают существенное воздействие на режим и состав подземных вод, в том числе их чистоту. Гидротехническая мелиорация (осушение или орошение земель) может стать причиной засоления почв и грунтов. Как правило, в результате такой деятельности могут ликвидироваться некоторые экосистемы (заболоченные участки и др.), что нарушает не только микроклимат, но и общее природное равновесие в районе.

Вероятно, наибольшее воздействие на недра оказывают *поиски, разведка и разработка полезных ископаемых*. Выполнение горных работ и бурения нарушают природное равновесие изучаемых площадей, в том числе могут быть причиной загрязнения подземных вод. Еще большие масштабы таких нарушений сопровождают разработку полезных ископаемых. Строительство карьеров при открытых мето-

дах разработки сопровождаются нарушением почвенного покрова, созданием отвалов из вскрыши и непродуктивных пород, что становится причиной запыления атмосферы, нарушения режима подземных вод. Подземные методы разработки, сопровождаемые строительством шахт и штолен, ставят проблему ликвидации шахтных и рудничных вод, имеющих иногда повышенную минерализацию, а также отвалов, строительство терриконов. Дополнительные осложнения возникают при газовых выбросах в процессе эксплуатации угольных шахт, а также при образовании просадок и провалов в пределах шахтного поля. Сложные экологические вопросы возникают при консервации или ликвидации отработанных шахт и штолен, а также карьеров. В последнем случае предусмотрено возвращение в выемки отвалов, ранее снятого почвенного покрова, если это делалось, а также создание водоемов, пахотных земель или лесонасаждений на этих площадях.

Специфические экологические проблемы возникают при разведке и разработке *нефтегазовых месторождений*. Кроме нарушения почвенного покрова, здесь зачастую имеют место межпластовые перетоки вод и углеводородов (УВ), загрязнение почв, поверхностных и подземных вод выбросами нефти, конденсата, минерализованных вод. Для районов длительной эксплуатации таких месторождений характерно проседание земной поверхности, что иногда может сопровождаться активизацией природных процессов – например, землетрясениями в районах Денвера (США). Катастрофический характер могут иметь аварийные выбросы нефти и газа, примерами чего могут быть события на Качановском и Крестищенском месторождениях ДДВ. Дополнительным фактором нарушения и загрязнения геологической среды является строительство и эксплуатация нефте- и газопроводов, морская транспортировка нефти, добыча углеводородов на шельфе.

Поиски и разработка полезных ископаемых ставят проблему *рекультивации* геологической среды, которая также становится одним из видов геологической деятельности. Она предполагает приведение в первоначальное состояние, а иногда и придание более привлекательного вида площади отработанного месторождения. Обычно она включает возвращение на место снятой и ранее перенесенной вскрыши и непродуктивных пород, а также ранее собранной и сохраненной почвы, если это делалось. Другие виды и формы рекультивации предполагают создание здесь искусственных водоемов, лесопо-

садки или новое сельскохозяйственное использование. В шахтных районах Донбасса производится нивелирование терриконов и их озеленение. Попробуем затронуть вопросы подземной добычи угля, сложности рекультивации терриконов; общий их вид приведен на рис. 1.

В связи с рассмотрением угля как одного из видов горючих полезных ископаемых, необходимо напомнить следующее. Еще в первой половине XX ст. он был основным энергетическим сырьем нашей страны и Украины в частности. Природный газ в больших количествах начал разрабатываться у нас лишь со второй половины того века. Его преимуществом, по сравнению с углем, была не только дешевизна извлечения, но и очевидные более приемлемые экологические условия добычи, транспортировки, использования в быту. Говоря о целесообразности активизации добычи в Украине угля, нужно напомнить экологические последствия его использования. Это горящие терриконы, которые нужно нивелировать и озеленять, шахтные воды, требующие ликвидации, просадка земной поверхности над шахтными полями и многое другое. Все это потребует специального изучения оптимального решения нашего энергетического обеспечения, как с экономической, так и с экологической точки зрения.

В определенной мере экологические опасения и последствия могут быть распространены и на добычу у нас бурого угля открытым способом – из карьеров. На приводимом ниже рис. 2 одного из карьеров Днепровского буроугольного бассейна видно, какие объемы вскрыши приходится перемещать в другие места. Кроме нарушения режима подземных вод и активного запыления в процессе разработки, а также непосредственного его использования как топлива, здесь можно фиксировать большое число нарушений окружающей среды и объемы воздействия.

Особую группу техногенной нагрузки на недра оказывает *гидротехническое строительство*. Оно включает создание водохранилищ (для работы гидроэлектростанций, питьевого и промышленного водоснабжения), строительство плотин, транспортных каналов и водоводов, системы региональных и локальных прудов, производственных отстойников, других сооружений. Основными видами нарушения геологической среды при этом строительстве являются изменение режима грунтовых вод (в том числе, подтопление прилежащих площадей), активизация процессов инфильтрации, заболачивание, возможность загрязнения подземных вод, увеличение нагрузки на недра.



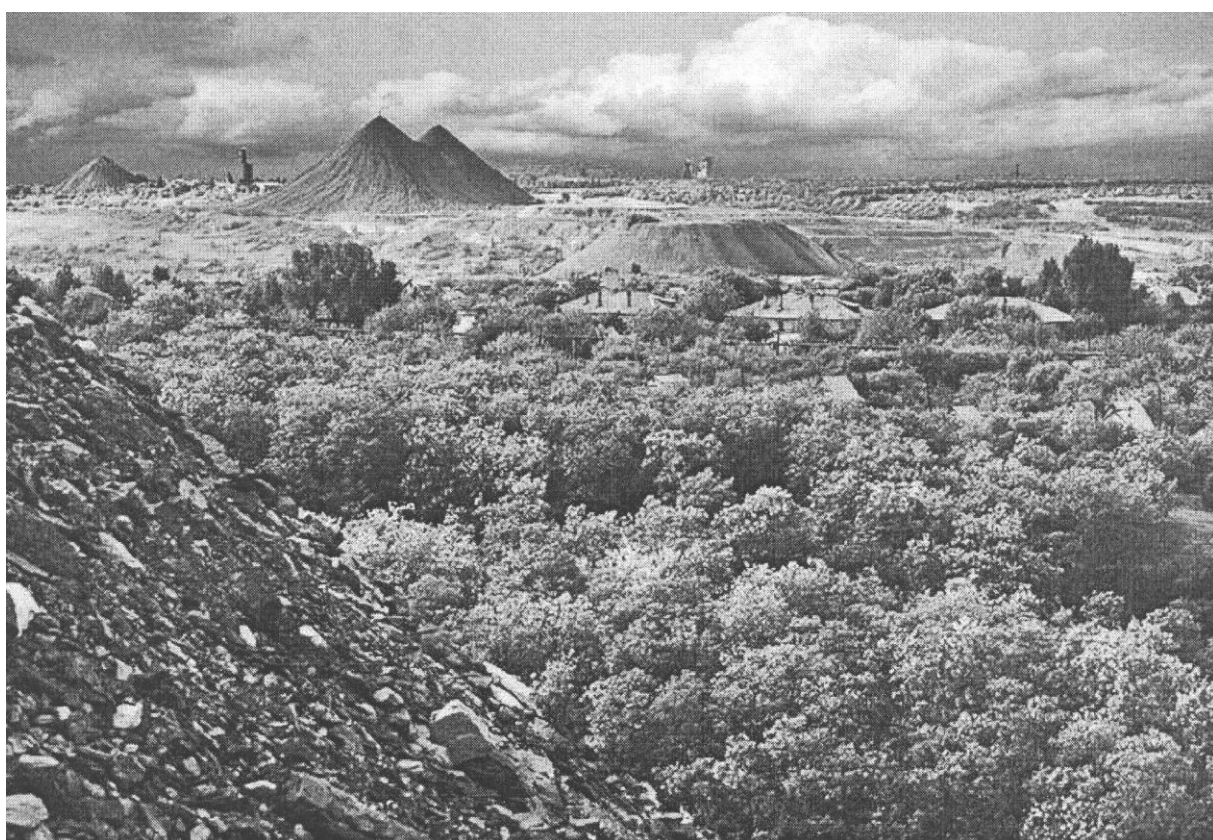
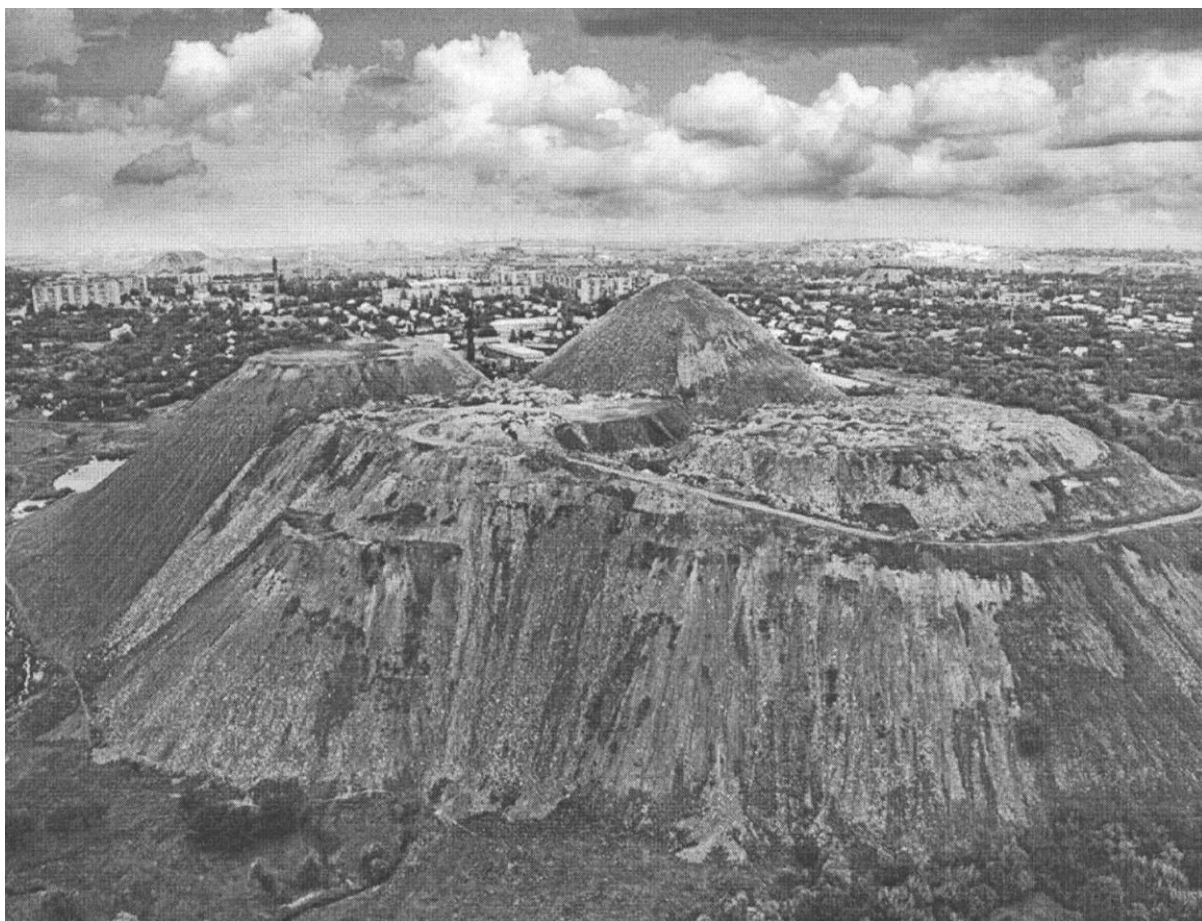


Рис. 1. Общий вид терриконов (начало)

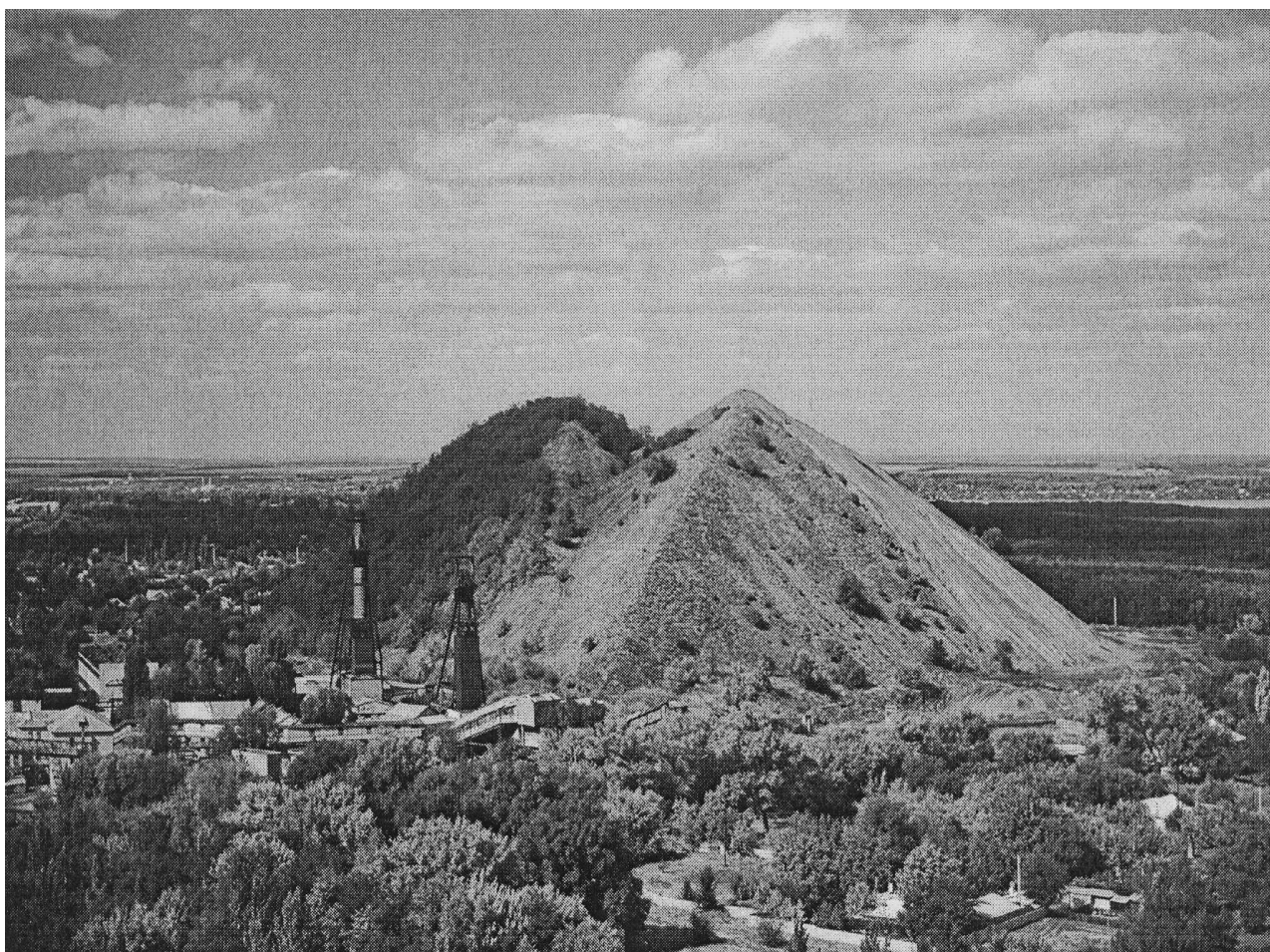
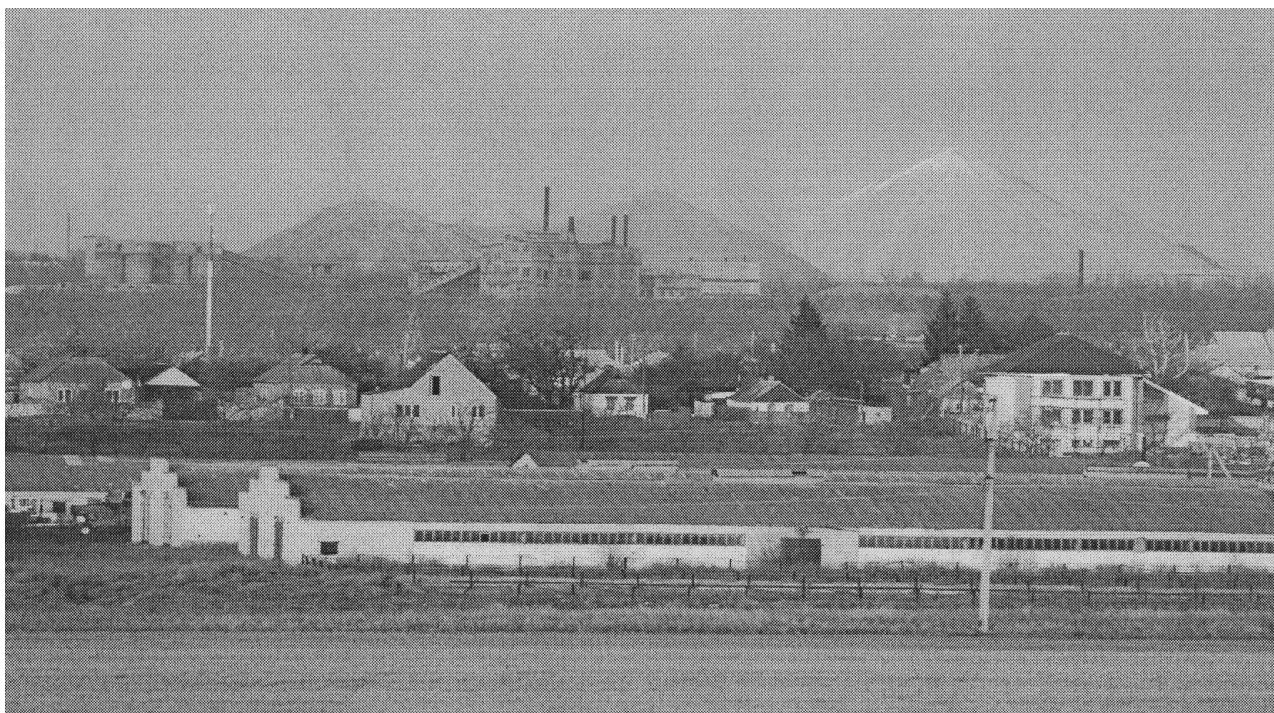


Рис. 1. Общий вид терриконов (конец)





Рис. 2. Добыча бурого угля открытым способом

Среди проблем этого направления геологической деятельности нужно назвать предохранение береговых зон водохранилищ от разрушения, инженерно-геологическая и техническая устойчивость плотин как основа предотвращения экологического риска и катастроф.

Разнообразное и многоплановое воздействие на геологическую среду оказывает жизнедеятельность человека. Направлениями такой деятельности становится жилищное, промышленное и дорожное строительство, следствием чего бывает нарушение почвенного покрова, растительного и животного мира, режима подземных вод, дополнительная техногенная нагрузка на грунты и недра. Одним из признаков такой деятельности становится изменение рельефа в местах проживания и трудовой его деятельности (нивелирование поверхности или наоборот – создание насыпей, водоемов, террас). Среди главных проблем данного техногенеза нужно назвать ликвидация бытовых и промышленных отходов, сточных и промысловых вод, необходимость строительства отстойников, шламонакопителей, хвостохранилищ и других сооружений. Особо сложной являются вопросы ликвидации вредных отходов производства, нередко требующие специальных мероприятий (их переработка, захоронение в глубокие горизонты и др.).

Большинство видов геологической деятельности человека оказывает отрицательное воздействие на недра, нарушает равновесие в окружающей среде. Однако такую деятельность нельзя рассматривать только как негативную. Человек по возможности исправляет последствия техногенеза (рекультивация нарушенных разработкой полезных ископаемых земель, удаление или нивелирование отвалов при разработке полезных ископаемых, а также лесопосадки на их месте). Кроме того, иногда он исправляет вредные, по его мнению, природные процессы, мешающие его проживанию.

Такая деятельность также многообразна; она включает охрану пляжа от разрушения моря в курортных районах, строительство противоэрозионных и противозерозионных сооружений, сохраняющих морской или речной берег и его постройки. В местах, подверженных оползням, он создает дренажные противооползневые колодцы или бетонные опоры, сдерживающие этот процесс, а в горных районах строит различные ограды (навесы, стены, тоннели), предохраняющие от камнепадов и селевых потоков. Наконец, строительство ландшафтных и других парков, создание водоемов, изменение разрушающегося рельефа, насаждение новых растительных комплексов и другие явления должны рассматриваться как улучшение окружающей среды.

Нужно отметить еще одну форму вредного воздействия человека на окружающую среду, которая названа войнами. От них страдает, прежде всего, само человечество. Иногда итогами войн бывают взрывы скважин и цистерн с хранящимися горючими материалами, военные действия, которые приводят к опасному загрязнению токсичными химическими веществами и нефтепродуктами. Примерами таких случаев являются войны 1991 г. в Персидском заливе или бомбардировка Югославии войсками НАТО в 1999 г. В одном из приложений нашего пособия приводятся примеры разного рода техногенных катастроф, оказывающих вредное воздействие на окружающую среду поступивших на поверхность нефте- и газопродуктов.

### ***Подземные воды, нарушения их состава и режима***

Рассмотрением этих вопросов занимается экологическая гидрогеология – то направление в нарушениях недр, которое может приводить к негативному изменению их состава и режима. Мы должны учитывать, что пресные подземные воды и какая-то часть минеральных вод являются очень важными и ценными полезными ископаемыми, которые находятся под охраной человека. В этом разделе мы рассмотрим два частных вопроса. Охарактеризуем техногенное воздействие на подземные воды, возникающее, в том числе, при разработке нефтегазовых месторождений и транспортировке углеводородов. А также попробуем выяснить роль подземных вод в формировании земной коры, что должен учитывать человек в своей деятельности и специалист, разрабатывающий месторождения УВ.

Загрязнение подземных вод в результате *техногенного воздействия на подземную гидросферу* является важным вопросом экологической гидрогеологии. Такое явление происходит при извлечении и использовании полезных ископаемых, в результате работы шахт, карьеров, при добыче нефти и газа. Вероятно, наиболее сложные и зачастую трудно предсказуемые загрязнения возникают в процессе жизни и деятельности человека, при ликвидации бытовых отходов. Сельскохозяйственная деятельность при неправильно организованном орошении и гидромелиорации могут нарушать состав почвенных и грунтовых вод, обуславливая их засоление. Нарушение почвенного покрова в местах строительства также усиливает процессы засоления подземных вод. Попробуем все эти вопросы рассмотреть детальнее.

Общая схема загрязнения подземных вод сводится к изменению химического состава этих вод (обычно засоление) или появлению иных нежелательных элементов в результате деятельности человека. Это может быть следствием нарушения санитарных норм в приповерхностных условиях (создание водоотстойников, появление сточных вод, хранение мусора, технических отходов, хвостохранилищ, «белых морей» содового производства и др.) или режима подземных вод вследствие неграмотно организованного бурения, нарушения зоны аэрации, ликвидации существовавшего почвенно-растительного слоя, водупорной кровли. Основными причинами загрязнения подземных вод является, по подсчетам специалистов, деятельность промышленных предприятий (37%), сельского хозяйства (16%), жилищно-коммунального хозяйства (10%), а также поступление некондиционных подземных вод при нарушении режима эксплуатационных водозаборов (13%).

Шахтный способ извлечения полезных ископаемых сопровождается поступлением в горные выработки шахтных вод, которые необходимо постоянно удалять. Зачастую такие воды характеризуются повышенной соленостью, иногда обогащены сульфатами, железом, что обуславливает активное корродирование водоотливных сооружений и шахтных механизмов. При извлечении шахтных вод на поверхность, если нет возможности использовать их для питьевых и хозяйственных целей, возникают большие сложности с их хранением и ликвидацией. Аналогичные условия возникают при разработке рудных месторождений, с той только разницей, что воды таких месторождений называются рудничными. В целом, это серьезная эколого-гидрогеологическая проблема.

Карьерные воды, извлекаемые или изливающиеся при добыче полезных ископаемых открытым способом, с помощью карьеров вследствие вскрытия водоносных горизонтов, также требуют изучения. При изъятии этих вод, что требуется для ведения процесса разработки, нарушается водообмен в подземной гидросфере, возрастает глубина депрессионных воронок. Формирование мощной техногенной зоны аэрации вызывает нарушение естественного режима влажности пород, усиливаются процессы депрессионного уплотнения песчано-глинистых пород с последующим проседанием поверхности. Сброс карьерных вод в поверхностные водотоки особенно опасен на месторождениях, руды и вмещающие породы которых легко растворяются.

Большой круг вопросов и разнообразных нарушений возникает при разработке месторождений *нефти и газа*. Это связано с тем, что сам процесс поисков, разведки и разработки их скоплений сопровождается большим объемом бурения. Для выполнения буровых работ необходимо строительство шламохранилищ, сооружений для транспортировки УВ и др. Поисково-разведочные и эксплуатационные работы могут сопровождаться подземными взрывами, что имело место в

Украине и многих других странах. Одним из результатов интенсивной добычи нефти и газа может быть проседание земной поверхности, которое может вызвать нарушение геодинамического режима в недрах и соответственно условий перемещения здесь подземных вод. И естественно, что подземные взрывы, перетоки флюидов, поверхностные загрязнения нарушают и загрязняют водоносные горизонты, а также приводят к катастрофам в акваториях.

Наконец, засоление грунтовых вод, часто используемых для местного водоснабжения, может происходить при неправильно организованном орошении (ирригации), некоторых агромелиоративных работах. История ирригации насчитывает несколько тысячелетий; это один из видов мелиорации, которая используется в районах теплого засушливого климата. Это сложная система мероприятий полива, дождевания и других процессов. Следствием неграмотно организованной мелиорации может быть вторичное засоление земель (почв), эрозия, нарушение существующего режима подземных вод. Данное природоохранное направление требует разработку вопросов характеристики основных видов техногенного воздействия на подземные воды.

При изучении техногенного воздействия на геологическую среду необходимо выявить геолого-гидрогеологическую природу протекающих процессов, провести прогнозную оценку степени их влияния на окружающую среду и, как следствие, разработать рекомендации по предотвращению или минимизации с помощью защитных мер их негативного влияния на естественную природу, геологическую среду. Интенсивность техногенного воздействия на подземные воды во многом определяется степенью их защищенности.

Наконец, нужно иметь представления о *роли подземных вод в формировании земной коры*. Это большой круг вопросов и процессов, который интересует не только гидрогеологию, но и геологию в целом, а также литологию, учение о полезных ископаемых и др. Нужно оговорить, что существование гидросферы является одной из уникальных

особенностей Земли. Именно она обусловила формирование мощного осадочного слоя земной коры, который местами превышает 20 км. Подземные воды обуславливают превращение песчано-глинистых осадков, первоначально накопившихся в водоемах, в плотные осадочные горные породы – песчаники, аргиллиты. Этот процесс называется диагенезом (от греческого – второе рождение, перерождение, преобразование), который проявлен уплотнением осадков, удалением из них части содержащейся воды, изменением минерального состава. Частично об этом говорилось в курсе «Геология нефти и газа».

Подземные воды могут обусловить *химическое выветривание*, которое осуществляется не только в приповерхностных условиях, но и в подводной, а также глубинной обстановке, до глубины нескольких сот метров. Одним из примеров такого выветривания является формирование каолинов на гранитных породах, когда полевые шпаты этих магматических пород превращаются в каолинит. Подобное явление имеет место и при гидротермальном или метасоматическом процессе, когда подобное преобразование осуществляется поступающими из глубины термальными водами. Все эти процессы рожают месторождения каолинов, других минеральных скоплений, называемых гидротермальными.

Еще одна группа деятельности подземных вод сводится к подземному растворению каких-то пород, обычно карбонатных и сульфатных, что приводит к образованию разного рода емкостей и пустот. Такой процесс получил название *карст*. Он проявлен в своеобразных геоморфологических и гидрогеологических условиях – формируется ниже базиса эрозии, обычно в пониженных местах. Карст характеризуется большим разнообразием поверхностных и подземных форм – пустоты, воронки, долины, карры, что создает своеобразный карстовый ландшафт. Кроме формирования красочных пещер, в которых ранее охотно селился человек и какие-то организмы, а сейчас он посещает их в процессе туристской деятельности, карстовые пустоты представляют определенные сложности при бурении и строительстве в таких областях. В том числе, провал буровых труб.

Более широко распространенным явлением, обусловленным работой подземных вод, является формирование оползней. Таким термином и понятием называют отрыв и смещение вниз по склону под действием силы тяжести участков обычно рыхлых или слабо уплотненных обводненных коренных пород. Основным условием его про-



явления является наличие поверхности скольжения (водоупора), а ведущую роль при его формировании играют подземные воды. Оползшую массу называют оползневым телом, а при его разрушении – деляпсием. В районах развития оползней образуется своеобразный рельеф – бугристый в нижней части склона с наличием оторванных и сползших блоков и плоскостей срыва в верхней. Оползни представляют собой своеобразный и широко распространенный процесс, который нужно отличать от обвалов и осыпей (гравитационное перемещение без участия воды), а также оплывин, сплывов или оплывов (перемещение смешанных рыхлых переувлажненных пород вниз по склону), пывунов, солифлюкции. Знания об оползнях обязательно должны учитываться при строительстве скважин, нефте- и газопроводов, других эксплуатационных сооружений.

Сравнительно небольшие площади занимают грязевые вулканы. Это еще один пример проявления деятельности подземных вод, выраженный поступлением на поверхность жидкой глины, газа, иногда выбросами обломков, пленки нефти. Такая грязь образует небольшой конус; внешне этот процесс напоминает вулканическое извержение, откуда и произошло название сформировавшейся структуры, имеющей обычно высоту первые метры. В грязевых водах таких вулканов содержатся йод, бром, бор. Они иногда используются в лечебных целях. Наиболее известны подобные грязевые вулканы в полосе от Керченского п-ова (Булганакское сопочное поле), в Предкавказье и до западных окраин Туркменистана. Сооружения эти интересны тем, что они формируются в местах, перспективных на нефть и газ; это важный показатель геологических условий региона.

Очень обширным явлением следует считать проявление *многолетней мерзлоты* – существование близповерхностной подземной зоны с длительно сохраняющимися (века, тысячелетия) отрицательными температурами и замерзшей водой. Необходимым условием для ее формирования является длительная отрицательная среднегодовая температура, при которой мощность мерзлых пород может достигать многих сотен метров.

Последние имеют сплошное или прерывистое распространение и залегают обычно под слоем протаивающих пород. Подземные воды зон многолетней мерзлоты находятся в состоянии льда, поэтому инженерно-геологические свойства таких грунтов резко отличаются от обычных. Общее представление о площадях развития промерзших

грунтов дает схема размещения их в северном полушарии Земли (см. рис. 4).



Рис. 3. Оползни

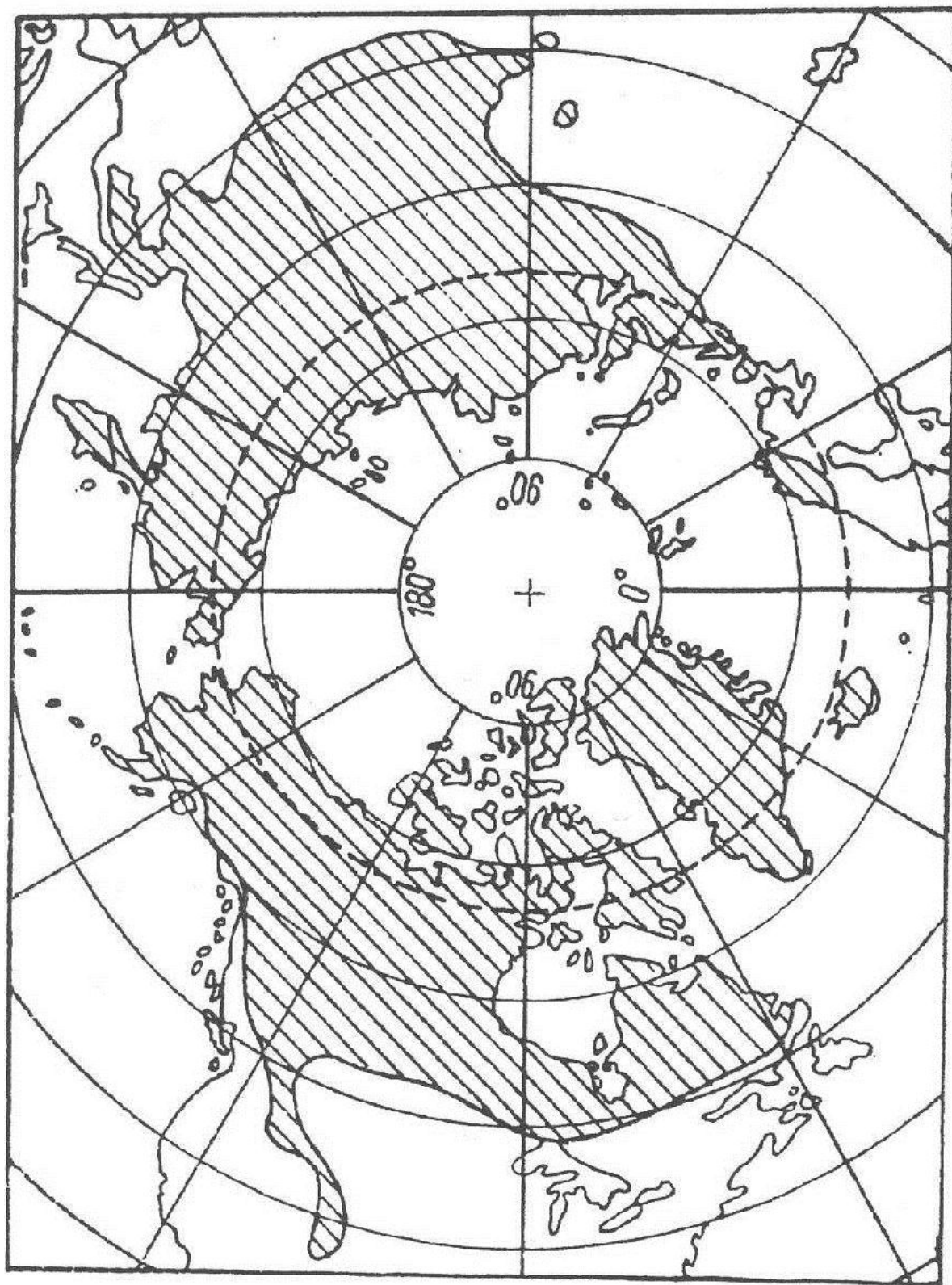


Рис. 4. Развитие криогенных образований в северном полушарии (показано штриховкой), по В. Путнаму (1971).

Естественно, что это вносит большие сложности в проживание и деятельность человека в таких регионах, тем более что именно в таких условиях добывают нефть и газ в Западной Сибири. Изучение многолетней мерзлоты оформилось в самостоятельную науку – мерзловедение (геокриологию). Полезно напомнить, что почти 50% площади России заняты многолетнемерзлыми породами. И именно в этих регионах проводится и планируется дальнейшее освоение нефтегазовых скоплений. Это положение относится и к площадям Канады, островам Северного Ледовитого океана.

Еще одна группа процессов подземной гидросферы связана с существованием термальных вод в недрах и своеобразным их развитием, которое полностью еще не изучено. Если рождение гейзеров в местах современной вулканической деятельности понятно, то существование гидротерм в рифтовых зонах на дне морей и океанов (Красное море и др.) однозначного объяснения пока не имеет. Это явление трактуется как современный аналог гидротермального процесса, играющего важную роль в рудообразовании. Еще одно вещество, названное газогидратами, и процесс его формирования в последнее время очень интересует специалистов, так как оно в перспективе может стать очень важным энергетическим сырьем. Состоит оно из молекул углеводородов и нескольких молекул воды и такое вещество по некоторым представлениям покрывает дно Мирового океана. Их изучением занимается целый ряд стран; интерес к ним проявляет и Украина, так как существование газогидратов доказано и в Черном море.

В целом геологическая деятельность подземных вод является весьма разнообразной. Она может сопровождаться формированием полезных ископаемых, а также вносить сложности в геологическую среду в местах проживания человека. Кроме гидрогеологии, многие из этих процессов изучаются при проведении инженерно-геологических исследований. Ряд сложностей в такой природный процесс вносит геологическая деятельность человека, что может вызвать проседание земной поверхности в городских агломерациях, подтопление (повышение уровня грунтовых вод, вызванное созданием гидротехнических сооружений, крупных жилых построек), неправильным орошением сельскохозяйственных земель и др. Наконец, подземные воды подстилают разрабатываемые нами залежи нефти и газа, поэтому мы должны хорошо представлять процессы подземной гидросферы.

## ПОИСКИ, РАЗВЕДКА И РАЗРАБОТКА НЕФТИ И ГАЗА

Поиски, разведка и разработка нефтегазовых скоплений является тем видом работ, которые вносят наибольшие изменения в окружающую среду. Мы затронем лишь несколько ключевых вопросов: поисково-разведочные работы, с которых начинается изучение и разработка месторождений; будет дана самая общая характеристика бурения, которое является неперменным и ведущим направлением в освоении УВ. А также дадим характеристику основных районов загрязнения, сделав акцент на экологические изменения на площадях Украины и других регионов (Туркменистан, Африка, США).

### ***Поисково-разведочные работы***

Поисково-разведочные работы по выявлению скоплений нефти и газа представляют собой сложный и утвердившийся набор операций, который включает определенную их стадийность и последовательность, использование большого количества методов. Они определены ранее уже утвержденными Положениями и практикой исследований, включают ряд стадий. Их принято разделять на региональные, поисковые и разведочные этапы, которые частично могут совмещаться. В составе таких работ обычно предусмотрена структурно-геологическая съемка, геофизические работы, бурение, специальные исследования. Вспомним о главных из них; мы их рассматривали в курсе «Геология нефти и газа».

*Региональный* этап поисково-разведочных работ включает две основные стадии: 1) *прогнозирование* нефтегазоносности, которое завершается качественной и количественной оценкой перспектив крупных территорий и выявлением первоочередных зон для следующей стадии работ; 2) *оценка* зон нефтегазонакопления, в результате чего должны быть выявлены наиболее перспективные районы для постановки поисковых работ. Допускается совмещение во времени этих стадий. В хорошо изученных регионах работы этапа проводятся в небольшом объеме и направлены на изучение перспектив нефтегазоносности больших глубин, на выявление зон нефтегазонакопления неантиклинального типа, решение других вопросов.

*Поисковый* этап имеет своей целью открытие месторождения нефти и газа или новых залежей в неизученной или малоизученной части разреза уже известного месторождения. Он включает две стадии: 1) выявление и подготовка объектов к поисковому бурению, конечной целью которых является определение местоположения поисковых скважин; 2) стадия поисков, целью которой является открытие месторождений и залежей, осуществляемое путем бурения поисковых скважин.

*Разведочный* этап нацелен на прослеживание уже открытых залежей по площади, их оконтуривание с целью определения размеров месторождения, количеством и качеством нефти и газа, изучение состава и параметров пород коллекторов. Основная задача разведочного этапа заключается в получении данных для подсчета запасов УВ и проектирования разработки.

Конечной целью разведочных работ является подготовка объекта (месторождения, залежи) к разработке, подсчету и дифференциации его запасов. Разведочный этап включает две основные стадии – количественная оценка месторождений или залежей углеводородов и подготовка их к разработке. Следует подчеркнуть, что сама разведка залежей и месторождений проводится лишь в том случае, если поисковым бурением доказаны промышленное значение и экономическая целесообразность их разработки. Одним из основных принципов проведения разведочных работ должно быть обеспечение максимальной их эффективности и с минимальной затратой материальных средств. Поэтому главными задачами этой стадии являются оконтуривание залежей и определение запасов по промышленным категориям с минимально необходимым количеством скважин.

Проводимые работы включают выбор основного принципа системы разведки (сверху вниз или снизу вверх), определение этажей разведки, а также принцип размещения скважин при разведке (треугольная, кольцевая, профильная системы). Вскрытие и опробование продуктивных пластов, что является наиболее важным и ответственным этапом в разведочном бурении, включает такие операции как опробование пласта в процессе бурения, воздействие на пласт в процессе освоения скважины: кислотная обработка, гидроразрыв, термогазохимическая обработка и др. Эти работы проводятся специалистами бурового предприятия или специалистами сервисных компаний, но с непременным учетом геологических условий того ме-



сторождения, что разведуются. В комплекс исследований разведочных скважин входит их опытная эксплуатация, необходимая для промышленной оценки изучаемого объекта. Гидродинамические исследования скважин на стадии промышленной разведки проводятся с целью определения начального пластового давления, температуры, характера фильтрации флюида, коэффициента продуктивности, газового фактора и других параметров залежи.

Поисково-разведочные работы завершаются проведением *подсчета запасов* нефти и газа. Методы этих работ достаточно разнообразны; мы уже имеем общие представления о них. В основе одного из методов объемно-статистического подсчета прогнозных запасов нефти лежит средняя продуктивность 1 куб. км осадочных отложений в тоннах извлекаемой нефти или ее первоначально подсчитанных геологических запасов. Среди других методов принято различать объемный метод для нефти и объемно-генетический для нефти и газа.

Мы должны хорошо представлять, что все эти работы и операции не приводят к сколько-нибудь существенным экологическим нарушениям. Вместе с тем, они часто проводятся на практически неосвоенных площадях, что вносит в их окружающую среду изменения. Особенно сложными такие последствия бывают при освоении площадей многолетней мерзлоты, а также морского шельфа. Причем на всех этапах этих работ основные нарушения окружающей и геологической среды связаны с проведением буровых работ.

## ***Бурение и его воздействия на недра***

Бурение является обязательным элементом поисково-разведочных работ и разработки месторождений УВ, а также непременным фактором воздействия на окружающую среду. Поэтому мы хорошо должны знать те последствия и формы воздействия на недра, что происходят в процессе выполнения буровых работ. Частично об этом нам говорили при освоении курса о бурении. Попробуем напомнить те основные нарушения в недрах и окружающей среде, что происходят при выполнении буровых работ.

Уже сам процесс поискового, разведочного и эксплуатационного бурения, строительство скважины предусматривает снятие какой-то части почвенного слоя, создание на поверхности емкости для воды (земляной амбар-отстойник), оборудование ее электропроводкой и



водоподведением. Процесс бурения должен сопровождаться использованием воды, входящей в состав промывочной жидкости, которая закачивается в скважину для охлаждения породоразрушающего инструмента, выноса на поверхность продуктов разрушения разбурываемых пород.

Осуществляя функцию выноса выбуренной породы на поверхность, промывочная жидкость создает условия противодействия обрушению стенок скважины и, главное, создает противодействие на пластовое давление проходимых пород. В числе прочих факторов при проходке скважины следует считать изоляцию друг от друга вскрытых горизонтов, насыщенных различными флюидами (вода питьевая, вода минерализованная, углекислый газ, сероводород, азот и др.). В этом плане приобретает особое значение знание принципов качественного крепления скважин обсадными колоннами и герметизации заколонного пространства, тампонажа внешнего, или заколонного пространства, от которого, в конечном счете, зависит долговечность существования промышленного объекта – скважины.

В числе необходимых мероприятий проходки скважины нужно считать изоляцию водоносных горизонтов, их тампонаж, что должно предохранить их от загрязнения. Соответственно, для этих целей должен использоваться высококачественный тампонажный цемент; мы должны иметь представление о тампонажном растворе, содержащем кроме цементирующей массы еще и разные добавки (шлак, мел и др.), иногда химикаты и воды, используемые для образования скважинной крепи.

Достаточно распространенным явлением при бурении скважин бывает *провал инструмента*. Оно может быть обусловлено разными причинами. В том числе, наличием в недрах карстовых пустот. Понятно, что исправление такого положения сопровождается выполнением дополнительных работ, нарушающих естественный режим в недрах. И значительно удорожающих процесс бурения.

Хорошо известны также многочисленные случаи выбросов нефти и газа, сопровождаемые взрывами и пожарами, которые бывают при вскрытии продуктивных горизонтов с высокими пластовыми давлениями. Иногда такое явление может иметь катастрофические последствия (например, взрыв на Качановском месторождении ДДВ). К таким случаям специалисты по добыче нефти и газа должны быть подготовлены. И хотя сам процесс излияния нефти на поверхность радует разработчиков, которые увидели извлекаемое ими сырье, мы

постоянно должны помнить о вредном его воздействии на окружающую среду.

Процесс бурения может сопровождаться разного рода межпластовыми перетоками УВ, которые нарушают режим недр, могут приводить к потере каких-то извлекаемых нами компонентов. Аналогичное явление существует при выполнении операций по заводнении разрабатываемых пластов, которые необходимы для более полного извлечения нефти. Кроме того, цель таких операций – сохранение динамического режима в недрах, возникающего при извлечении каких-то компонентов. Следствием такого нарушения может быть проседание земной поверхности в местах разработки нефтегазовых месторождений, а в ряде случаев они могут сопровождаться активизацией землетрясений в сейсмичных районах. Примеры таких случаев хорошо известны в США, Средней Азии. Такого рода информация будет дополнена в следующем разделе, где будут рассмотрены основные районы загрязнения окружающей среды. Кроме того, такие сведения будут сопровождаться иллюстрациями, позволяющими представить характер нарушений или даже катастроф.

Дополнительные сложности возникают при проведении бурения на *морских площадях*. Общее представление о разных типах установок такого бурения дает рис. 5. Его простейший анализ позволяет понять, что морское бурение должно сопровождаться строительством стационарной платформы, применением специальных платформ (самоподъемные, полупогруженные, плавающие суда), постройкой погруженной морской баржи или барж на мелководье, созданием искусственных островов, эстакадной платформы. Наконец, строительство глубоководных буровых установок – это тоже сложный процесс. Все это нарушает морской режим акватории даже до начала эксплуатационных работ.

Затронем вопросы охраны недр при работах в акватории. Особую опасность с точки зрения загрязнения окружающей среды при морском бурении представляют выбросы и открытое фонтанирование. Поэтому профилактике этого явления должно уделяться самое пристальное внимание. В процессе бурения образуются сточные воды, содержащие шлам, нефть и нефтепродукты, механические примеси, а также разнообразные химические реагенты, попадание которых в море недопустимо. Серьезные трудности возникают в связи с необходимостью ликвидации бурового шлама. Одна из важных и сложных проблем охраны акваторий – своевременное обнаружение разливов и утечек нефти.

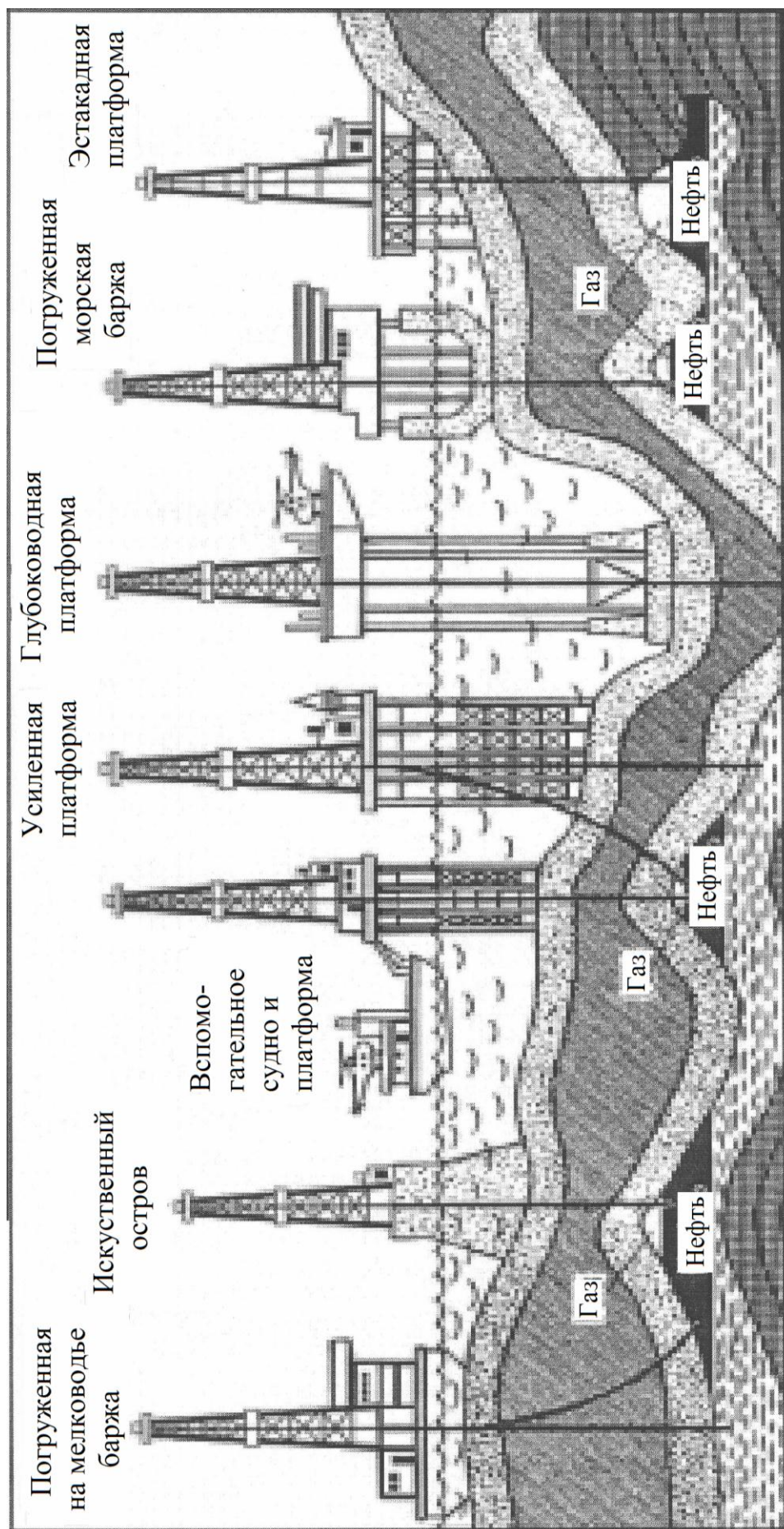


Рис. 5. Основные типы установок морского бурения

Естественно, что основной объем бурения выполняется в процессе *разработки* нефтегазовых месторождений. Поэтому рассмотрим вопросы охраны недр и нарушения окружающей среды в процессе добычи УВ. Они включают следующие моменты. Должен предусматриваться и проводиться комплекс мер по предотвращению выбросов, открытого фонтанирования, грифообразования, обвалов стенок скважины, поглощения промывочной жидкости и других осложнений. Частично все эти вопросы рассматривались нами при изучении курса бурения, и мы здесь только напомнили основные природоохранные положения. Особое значение с точки зрения охраны недр имеет правильное проведение работ по консервации и ликвидации скважин.

Большое количество природоохранных мероприятий проводится в процессе разработки месторождений. В основном они сводятся к выбору рациональной системы разработки месторождений, его контролю и регулированию, внедрению эффективных методов повышения отдачи нефти, газа и конденсата. Разработка должна осуществляться по утвержденной в установленном порядке технологической схеме или проекту. Проектируя ее, следует обеспечить максимальный уровень нефтегазоконденсатоотдачи с учетом технологических и экономических показателей.

### **Основные источники и объекты загрязнения**

Мы должны хорошо представлять источники загрязнения атмосферы, поверхности и недр в нефтегазопромысловом деле. Основными источниками загрязнения *атмосферы* являются природные, производственные и бытовые процессы. Среди процессов естественного происхождения различают минеральные, растительные и микробиологические группы воздействия. Производственные источники загрязнения включают те, что образуются при сжигании топлива для нужд промышленности, отоплении жилищ, при работе транспорта. Бытовые процессы предполагают сжигание и переработку бытовых и промышленных отходов.

Увеличение добычи нефти и газа, широкое применение разнообразных химических реагентов предопределяют повышение степени загрязнения атмосферы и воздействия на природные комплексы. Основные загрязнители воздушного бассейна в газовой промышленности – углеводороды, твердые частицы, оксиды серы, углерода, азо-

та, сероводорода, газовый конденсат и др. Источниками газовой промышленности являются скважины, газопроводы, аппараты, факелы, предохранительные клапаны, емкости, дымовые трубы, постоянно действующие свечи, а также выбросы в аварийных ситуациях. Их принято разделять на три группы: 1) фоновые постоянные утечки природного газа; 2) эпизодические технические утечки; 3) технологически неизбежные постоянные выбросы.

При добыче, транспортировке нефти и нефтепродуктов атмосфера загрязняется углеводородами в основном в результате аварийных выбросов и испарений. Нужно учитывать также потери от испарения при хранении, заполнении, опорожнении резервуаров и транспортных емкостей. Причины потерь от испарения – высокие давления насыщения паров нефти и нефтепродуктов и, как следствие – переход легких фракций в газовую фазу. Испарение увеличивается при повышении температуры поверхности нефтепродуктов или понижении давления в газовом пространстве. В резервуарных парках выбросы в атмосферу от испарений достигают 75% всех потерь. Локальное загрязнение атмосферы возможно также при железнодорожных и фодных перевозках нефти и нефтепродуктов. Значительная доля вредных выбросов поступает в атмосферу с продуктами сгорания при использовании в виде топлива природного газа и мазута.

Для *водной среды* серьезную опасность представляет загрязнение нефтью и нефтепродуктами, тяжелыми металлами, хлорорганическими соединениями и радиоактивными веществами. В частности, нефть обладает способностью покрывать тончайшей пленкой огромные участки водной поверхности. Нефтяная пленка на поверхности морей и океанов нарушает обмен энергией, теплом, влагой и газами между океаном и атмосферой. Особенно заметные изменения происходят в кислородном режиме слоев поверхности воды. Они могут быть причиной массовой гибели планктона и других видов морской и речной фауны и флоры. При этом следует помнить, что планктон – основное звено в цепи питания морских организмов. Кроме того, нефть и нефтепродукты оказывают токсическое воздействие на организмы, что живут в водной среде.

*Воздействия на недра*, в том числе их загрязнение – это еще одно направление исследований, которым занимается экологическая геология и гидрогеология. Они также весьма разнообразны и включают изучение вопросов загрязнения подземных вод, нарушение динамического режима в связи с извлечением каких-то компонентов,



разного рода межпластовые перетоки и многое другое. Частично такие вопросы будут рассмотрены в разделе об охране недр и геологической среды. Здесь нужно только заметить, что подавляющее большинство подземных изменений и нарушений, в том числе извлечение вещества недр, практически не подлежит восстановлению. Формы нарушения геологической среды включают загрязнение подземных питьевых вод солеными водами из глубины и поверхности (инфильтрация, или просачивание, межпластовые перетоки), проседание земной поверхности и многие другие нарушения геологической среды.

Одной из главных задач и направлением охраны недр принято считать максимально возможное извлечение разрабатываемого компонента, нефти и газа, в частности. Такое достигается применением своеобразных методов, которые включают тепловое воздействие, закачку каких-то химических компонентов, взрывные работы. А нарушение экологического равновесия в геологической среде может рассматриваться как одна из форм загрязнения.

### ***Характеристика основных районов загрязнения***

Поиски, разведка и разработка нефтегазовых месторождений сопровождаются большими нарушениями природного равновесия в окружающей среде, разной формой ее загрязнения, о чем мы должны хорошо знать и которые, по возможности, должны быть сведены до минимума. Загрязнению подвержена земная поверхность, подземные воды, атмосфера; нарушается изоляция отдельных водоносных и нефтегазоносных слоев и горизонтов, что сопровождается межпластовыми перетоками, сказывается на общих запасах, иногда приводит к потере каких-то скоплений УВ. Попробуем систематизировать такую информацию, напомнить о каких-то существующих элементарных нарушениях, мерах по их предотвращению.

Значительные площади Украины относятся к нефтегазоносным, в пределах которых эксплуатируются более 170 месторождений углеводородов. При современных, еще далеких от совершенства, технологиях поисков, разведки и разработки залежей нефти и газа неблагоприятные воздействия на природу неизбежны. Утечка углеводородных и других сопутствующих им газов, разливы нефти и буровых растворов приводят к широкомасштабным, часто необрати-

мым трансформациям природных структур во всех средах, испытывающих техногенную нагрузку. В таких случаях атмосфера, почвы, подземные и поверхностные воды насыщаются агрессивными и биологически опасными компонентами природных флюидов (сероводородом, радионуклидами, полициклическими ароматическими углеводородами и др.). Распространение подобных загрязняющих веществ в экосистемах отрицательно сказывается на качестве жизни и условиях производственной деятельности человека, нередко вызывает заболевания и падеж животных. Кроме того, попадая в зону интенсивного водогазообмена, агрессивные воды легко вступают в различные химические реакции, продукты которых могут также обладать значительной миграционной активностью и токсичностью.

Актуальность проблемы *загрязнения ландшафтов* при разведке и эксплуатации месторождений углеводородов в Украине не вызывает сомнений; в первую очередь такой опасности подвержены зоны «старых» промыслов Предкарпатского прогиба и частично Днепровско-Донецкой впадины. Так, в результате подтока углеводородных флюидов по стволам старых скважин, колодцев, шурфов на некоторых участках Бориславского нефтепромыслового района вполне обычны в подпочвенном воздухе концентрации углеводородов в десятки процентов. На Бориславском, Схидницком, Бытковском и других месторождениях этого района добыча углеводородов ведется со второй половины XIX ст., поэтому количество дрен, по которым углеводороды поступают на поверхность, очень велико; только в черте г. Борислава расположено около 20 тысяч заброшенных шурфов-колодцев и более 2100 нефтяных скважин.

Для минимизации ущерба природе и предотвращения загрязнения подземных и наземных объектов при разведке и эксплуатации нефтегазовых месторождений должны выполняться мероприятия по охране недр, предусмотренные соответствующими технологиями. Технологии бурения скважин на нефть и газ включают комплекс мер по предотвращению перетоков, выбросов, открытого фонтанирования, грифообразования, обвалов стенок скважин, поглощения промывочной жидкости и других осложнений. Для этих целей изолируют друг от друга нефтяные, газовые и водоносные интервалы в скважинах, тщательно герметизируют и цементируют колонны, крепят ствол кондукторами, промежуточными колоннами, оборудуют скважины превенторными установками. Особое значение с точки зрения охраны недр имеет правильное проведение работ по консер-

вазии и ликвидации скважин, а также меры по предотвращению коррозии подземного и наземного оборудования, которые обеспечивают сокращение потерь углеводородного сырья при подготовке, транспортировке и хранении нефти и газа.

Еще одним примером экологической опасности следует считать неуправляемый *выброс углеводородов* и других пластовых флюидов при бурении и капитальном ремонте скважин. Начиная с начала XX ст. развитие нефтяной промышленности сопровождалось открытиями фонтанами. В 1908 году скважина Ойл Сити (Западная Украина) с глубины 1015 м выбрасывала в сутки 3000 т нефти, засоряя прилегающую местность. Это была катастрофа мирового масштаба, осложненная попаданием нефти в р. Днестр и грандиозным пожаром. Это событие поставило Украину в ряд крупнейших нефтедобывающих стран мира. Еще одним из первых крупных аварийных газовых фонтанов был взрыв газа в 1929 году в долине реки Морени на территории Румынии, который горел более полутора лет. И будет нелишним отметить, что факт открытого выброса углеводородов напрямую связан с превышением пластового давления над гидростатическим, что само по себе стало следствием быстрого роста глубин скважины.

Отечественная и мировая практика бурения свидетельствует, что почти каждое открытие месторождения сопровождалось подобной экологической катастрофой, пока техника бурения не получила в свое распоряжение надежное противовыбросовое оборудование. И, тем не менее, если на площади нефтяного или газового месторождения мы видим глубокий водоем диаметром более 100 м без впадающего в него ручья, то можно утверждать, что это кратер, образовавшийся в результате открытого фонтанирования скважины. И не исключено, что на дне этого кратера покоится буровая установка. Такое же можно увидеть в Угерске, Качановке, такими «озерами» изобилует Западная Сибирь, Туркменистан. А также на дне Мексиканского залива, куда рухнула гигантская платформа и где скважина ежедневно выбрасывала 3-6 тыс. баррелей нефти. В процессе добычи УВ в России в течение 1985-2000 годов было зафиксировано более 130 открытых фонтанов, которые привели к тяжелым последствиям; в 55 случаях при этом взрывы сопровождались пожарами.

Такое образование *аварийных кратеров* во время проведения поисково-разведочных и эксплуатационных работ на нефть и газ стало почти обычным явлением. Подобные крупные аварии случаются довольно часто, как в нашей стране, так и в Западной Сибири, в Средней Азии,



Прикаспии. В 1972 году взрыв углеводородной смеси в Бориславе привел к человеческим жертвам. Несколько лучше ситуация на месторождениях ДДВ, но и здесь для ряда крупных нефтяных и газовых месторождений, находящихся как в начальной, так и конечной стадии разработки, она далека от благополучной. Очень сложной была ликвидация взрыва в процессе разведки Кегичевского газового месторождения в 1963 году. Общее представление о характере и масштабах нарушения окружающей среды дают фотографии этого события (см. рис. 6).

Примером еще одного такого случая может быть образование провального кратера на Качановском нефтяном месторождении в 1962 году. Скважина 35 Качановского месторождения была заложена в апреле 1962 года и ее проходка проектировалась до глубины 3300 м. В сентябре этого же года при забое 2315 м в скважине произошла авария: во время спуска бурового инструмента раскрылись пневмоклинья и в скважину упали 2-секционный турбобур с долотом и бурильные трубы. Общая длина упавшего инструмента составила 65 м. Подъем инструмента привел к сильному газопроявлению; вокруг скважины возникли грифоны, что стало результатом поступления нефтегазовой смеси в отложения неогена-палеогена. В скважине 65, расположенной в 250 м, также образовался грифон, который перешел в газовый фонтан, позднее воспламенившийся. Результатом всего этого стало образование кратера с соленым водоемом, диаметр которого составил 190 м и глубина 20 м. Естественно, что это не только потребовало больших усилий по ликвидации последствий аварии, но и продолжает оставаться объектом загрязнения. Тем более, что кратер позднее неоднократно использовался в качестве временного отстойника попутных промысловых вод.

Примером подобной экологической катастрофы, имевшей место в Туркменистане, стал провал буровой вышки со всем оборудованием и транспортом во время бурения разведочной скважины в 1971 году. Никто из рабочих не пострадал, но поступающий из техногенного кратера газ решили поджечь, чтобы «не травились люди и скот». Предполагали, что пожар через несколько дней потухнет, но ошиблись. С тех пор воронка непрерывно пылает; из кратера диаметром 60 и глубиной 20 м вырываются языки пламени, достигающие 10-15 м высоты. Участок близ местечка, имеющего название Дарваз, в народе называют «Дверью в преисподнюю» или вратами в Ад. Недалеко от этого кратера известно два подобных провала; на дне одно-

го из них имеется пузырящаяся масса, жидкая грязь. Общее представление об этой катастрофе дают рис. 7.



Рис. 6. Последствия взрыва на Кегичевском месторождении



Рис. 7. Техногенный кратер близ Дарваза (Туркменистан)

Охрана природы подразумевает максимально возможно полное извлечение полезного ископаемого из недр. Применительно к углеводородам это достигается использованием сайклинг-процесса при извлечении конденсата, совершенствованием методов разработки месторождений нефти. Повышение нефтеотдачи пласта предусматривает в ряде случаев применение методов, также нарушающих равновесие в природе, химическое загрязнение недр. В числе таковых нужно назвать гидравлический разрыв пласта, заводнение, гидродинамические, физико-химические и тепловые методы, бактерицидные добавки. Естественно, что это нарушает природное равновесие, загрязняет недра, геологическую среду.

Дополнительные сложности возникают при бурении в *акваториях*, когда загрязнению подвергается не только земная поверхность, но и морские или океанические воды. Примером такого случая может быть начавшая в 2010 году гореть нефть буровой скважины в Мексиканском заливе; этот случай уже называют крупнейшей экологической катастрофой XXI ст. (см. рис. 8). В планах нашего государства предусмотрена активизация добычи УВ в акватории Черного моря, где подобные явления недопустимы. Тем более что у нас нет опыта работы в акваториях на больших глубинах.

Еще один пример своеобразного нарушения экологического равновесия дает случай интенсивной добычи нефти в одном из штатов США (Денвер и др.), где такая деятельность сопровождалась резкой активизацией землетрясений в регионе. Они прекратились после того, когда взамен извлеченного продукта в недра стали закачиваться воды, восстанавливавшие гидродинамическое равновесие. А в штате Калифорния (США) добыча нефти, газа и подземных вод привели в течение 1925-1977 годов к снижению уровня подземных вод на десятки метров (максимальное 153 м) и, как следствие, опусканию земной поверхности на 9 м. И если для большинства нефтегазоносных площадей Украины такая проблема неактуальна, то ее обязательно нужно учитывать в тектонически подвижном Туркменистане, других странах Средней Азии, ощутивших результаты землетрясения 1948 года в Ашхабаде, или Узбекистане (1963). В частности, по мнению специалистов, в 1976 году в пределах крупного газового месторождения Газли (Узбекистан) в результате таких работ было спровоцировано землетрясение силой до 9-10 баллов. И нам нужно учитывать такую возможность.



Рис. 8. Пожар на буровой скважине в Мексиканском заливе



## ПЕРЕРАБОТКА И ТРАНСПОРТИРОВКА УГЛЕВОДОРОДОВ

Представления об экологических нарушениях в процессе разработки нефтегазовых месторождений должны быть дополнены сведениями о такого же типа нарушениях в процессе переработки и транспортировки углеводородов. Это единый процесс нефтегазового обеспечения, поэтому мы должны знать о судьбе извлеченного нами полезного ископаемого. Тем более что в ряде случаев это взаимосвязанный процесс; например, при создании подземных хранилищ газа.

### ***Загрязнения в процессе переработки УВ***

Нефть представляет собой очень важный природный продукт, используемый для самых разных отраслей народного хозяйства, который при его переработке может иметь самое различное использование. В свое время Д.И. Менделеев подчеркивал, что нефть не только топливо. Попробуем рассмотреть это положение, сделав акцент на загрязнение окружающей среды в процессе ее переработки.

Переработка нефти представляет собой многостадийный процесс по разделению этих углеводородов на фракции (первичная переработка) и изменению структуры молекул отдельных фракций (вторичная переработка). Однако этот процесс не является безотходным. Значительное количество вредных или даже отравляющих веществ попадает в окружающую среду. Экологические проблемы переработки нефти включают в себя загрязнение атмосферы, вод мирового океана и литосферы.

Получаемые из нефти продукты можно разделить на следующие группы: 1) топливо; 2) нефтяные масла; 3) парафин, церезин, вазелин; 4) нефтяной битум; 5) осветительный керосин; 6) растворитель; 7) другие нефтепродукты (кокс, консистентные смазочные масла, нефтяные кислоты и др.). Мы в той или иной степени знакомы с ними. Топливо обычно разделяют на авиационные и автомобильные бензины, тракторное, реактивное, дизельное, газотурбинное и котельное топливо. Нефтяные масла включают моторные, промышленные, цилиндровые, турбинные, компрессорные и другие группы,

используемые для смазывания разных видов оборудования. Парафин представляет собой твердый продукт, служащий сырьем для производства синтетических жирных кислот и спиртов; широкое применение имеет вазелин, используемый в медицине и технике. Нефтяные битумы применяют при изготовлении изоляционных и кровельных материалов, а также в дорожном строительстве.

Естественно, что извлечение из нефти этих материалов, дальнейшая их переработка и использование сопровождаются выделением каких-то компонентов, определенным образом загрязняющих окружающую среду. Попробуем сообщить что-то об этом, сделав акцент на загрязнение разных компонентов этой среды.

Основным источником *загрязнения атмосферы* служат предприятия по переработке нефти, нефтеперерабатывающие заводы. Практически в каждой стране они выбрасывают в атмосферу неприемлемое по экологическим стандартам количество загрязняющих веществ. Наибольший объем вредных веществ образуется в ходе процессов каталитического крекинга. В состав выбросов входит около ста наименований веществ, среди которых нужно отметить тяжелые металлы (свинец), оксид серы четырехвалентной ( $\text{SO}_2$ ), оксид азота четырехвалентного ( $\text{NO}_2$ ), угольную кислоту, угарный газ, диоксины, хлор, бензол, плавиковую кислоту ( $\text{HF}$ ).

Большинство газов, выбрасываемых нефтеперерабатывающими заводами в атмосферу, являются вредными для любого живого организма. Так у людей и животных они могут вызывать патологии дыхательной системы (астма, бронхит, асфиксия). Газообразные выбросы содержат большое количество мелких твердых частиц, которые, оседая на слизистых оболочках дыхательных путей, также препятствуют нормальным процессам респирации.

Выброс в атмосферу оксидов азота, серы, соединений алканового ряда способствует формированию парникового эффекта, что в свою очередь приводит к изменению климатических условий на Земле. Попадая в атмосферу, такие газы как  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{CO}_2$ , при взаимодействии с водой образуют кислоты, которые впоследствии выпадают на земную поверхность в виде осадков (кислотных дождей), оказывая губительное воздействие на живые организмы. Компоненты выбросов вступают в реакции с озоном атмосферы, что приводит к его разрушению и формированию озоновых дыр. Вследствие этого все живые организмы планеты подвергаются воздействию жесткого



коротковолнового ультрафиолетового излучения, являющегося сильнейшим мутантом.

*Загрязнение вод мирового океана* происходит следующим образом и приводит к таким последствиям. Сточные воды нефтеперерабатывающих предприятий отводятся по двум системам канализации. Воды первой системы используются повторно. Воды второй попадают в естественные водоемы. Несмотря на очистку, сточные воды содержат большое количество загрязняющих веществ, среди которых нужно назвать бензолы, фенолы, алканы, алкены и др. Все эти вещества оказывают неблагоприятный эффект на гидробиоту, водные организмы.

В первую очередь загрязняющие вещества снижают концентрацию кислорода в воде, что приводит к гибели многих водных обитателей от удушья. Вещества сточных вод оказывают канцерогенный, мутагенный и тератогенный эффект, что также приводит к гибели гидробионтов. Отмершее органическое вещество служит отличным субстратом для бактерий гниения, которые в течение считанных месяцев могут превратить водоемы в безжизненные отстойники.

Не следует забывать о том, что многие отравляющие вещества имеют способность к кумуляции. Больше того концентрация вредных веществ может увеличиваться при переходе от одного звена пищевой цепи к другому. Таким образом, человек, потребляя морепродукты, может подвергаться негативному воздействию отравляющих веществ, которые первоначально попали в организм животных и растений, обитающих поблизости от места сброса сточных вод нефтепродуктов.

Экологические проблемы переработки нефти затрагивают и твердую оболочку Земли. Главным источником загрязнения литосферы служат отходы нефтеперерабатывающих заводов, которые содержат адсорбенты, золу, разнообразные осадки, пыль, смолу, и другие твердые вещества, образующиеся непосредственно при переработке нефти, а также при очистке сточных вод и атмосферных выхлопов. Учитывая возможность распространения отравляющих веществ посредством грунтовых вод, ущерб от загрязнения литосферы продуктами нефтепереработки колоссален. Его негативное влияние особо остро сказывается на растительных организмах и других живых существах, чья жизнедеятельность связана с почвой.

Таким образом, проблема отрицательного воздействия процессов переработки нефти на экологию планеты становится с каждым днем все более актуальной. Влияние это многогранно: загрязнению подвергаются все оболочки Земли – атмосфера, гидросфера, литосфера и биосфера. Решение этой проблемы возможно. Человечество уже достигло того уровня развития и научно-технического прогресса, который позволит сделать переработку нефти безопасной для окружающей среды.

### ***Загрязнения при транспортировке нефти и газа***

Большое количество проблем возникает при транспортировке и переработке нефти. До недавнего времени считалось допустимым, что до 5% от добытой нефти теряется при ее хранении и перевозке. Учитывая общие объемы добычи, можно представить масштабы поступления в окружающую среду, не считая разных катастроф с танкерами или нефтепроводами. Существенным загрязняющим фактором являются отбросы нефтехимических заводов, которые природа не в состоянии переработать. При сгорании нефти и газа в атмосферу в больших количествах поступает углекислый газ, разные сернистые соединения, оксид азота. Средней мощности электростанция, работающая на мазуте, выбрасывает ежедневно в окружающую среду 500 т серы в виде сернистого ангидрита.

Ежегодно в Мировой океан по тем или иным причинам сбрасывается от 2 до 10 млн. т нефти. Аэрофотосъемкой со спутников зафиксировано, что уже почти 30% поверхности океана покрыто нефтяной пленкой. Источников таких поступлений много – это аварии танкеров и буровых платформ, сброс балластных и очистных вод, принос загрязняющих компонентов реками. И хотя формально эти вопросы выходят уже за рамки процесса разработки и нашей специальности, все они должны решаться в комплексе, служить одной цели – охране окружающей среды.

*Транспортировка* нефти и нефтепродуктов на дальние расстояния осуществляется железнодорожным, водным, трубопроводным и автомобильным транспортом. В ряде случаев нефтепродукты доставляются самолетами и вертолетами. При водном транспорте (морском и речном) сырая нефть и разные нефтепродукты перевозятся в наливных судах самоходного (танкеры) и несамоходного типа (лих-

теры, баржи). При автомобильных перевозках нефтепродукты больших нефтебаз доставляются на небольшие нефтебазы и даже к потребителям. В этом случае нефтепродукты перевозятся в автоцистернах, а также в мелкой таре. Нефть и нефтепродукты перевозят по железным дорогам, как правило, в вагонах-цистернах. Только небольшая часть этой продукции транспортируется в мелкой таре. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов обеспечивает транспортировку больших ее количеств.

Детальное рассмотрение вопросов транспортировки углеводородов выполнено в работе В.П. Червинского (2009, с. 97-117). Транспортировка газа подробнее будет рассмотрена нами отдельно. Поскольку нас в данном учебном курсе интересует экологическая безопасность осуществляемых работ, мы должны хорошо их представлять. Это севшие на мель танкеры, что зачастую сопровождается вытеканием нефти в акватории, железнодорожные аварии, в результате которых происходят пожары, возгорания опрокинувшихся цистерн. Мы часто встречаем сообщения о таких событиях уже в наше время. Более редкими являются аварии на трубопроводах. Более детальное изучение таких вопросов может быть предметом самостоятельного изучения, о чем наши студенты будут сообщать на семинарах.

При утечке или повреждении нефтепроводов происходит загрязнение грунтов. Загрязнение больших площадей возможно при фонтанировании нефти из эксплуатационных скважин или скважин, находящихся в состоянии бурения. Такое загрязнение почв может вызывать серьезные экологические последствия. Установлено, что при разливах попавшая в грунт нефть опускается вертикально вниз под влиянием силы тяжести; одновременно происходит ее распространение вширь, проникновение в поры между частицами грунта.

Загрязнение нефтью приводит к значительным изменениям физико-химических свойств почв. В частности, вследствие разрушения почвенных структур и почвенных частиц снижается водопроницаемость почв. В таких загрязненных почвах резко возрастает соотношение между углеродом и азотом за счет углерода нефти. Это ухудшает азотный режим почв, нарушает корневое питание растений. Неблагоприятное влияние загрязнения почв нефтью через пищевые цепи может негативно воздействовать и на человека.

Основная доля в загрязнении акваторий приходится на процессы, связанные с хранением и транспортом нефти и нефтепродуктов, главным образом при транспортировке их танкерами, нефтеналивными баржами и

другими судами. Прежде балластные воды танкеров сбрасывались в море, что приводило к значительному загрязнению акваторий портов, в которых производилась их загрузка или разгрузка. В настоящее время сброс балластных вод в море запрещен. С 1980 г. вступила в силу Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью, которая предусматривает полное запрещение слива таких вод и нефтяных остатков из танкеров по всей акватории Мирового океана.

Примерами крупнейших экологических катастроф, возникших в процессе транспортировки нефти, могут быть следующие случаи. В ноябре 1971 г. в порту Клайпеда произошел разлив более 16 тыс. т мазута с танкера «Глобе Асими», что отрицательно сказалось на экосистеме Балтийского моря. В 1978 г. неподалеку от французского порта Бордо затонул супермаркет «Амоко Надис», пролилось 230 тыс. сырой нефти, образовав на поверхности воды самое большое нефтяное пятно в истории судоходства. В 1983 г. недалеко от Атлантического побережья загорелся и затонул танкер «Кастило де Бельвер», в океане оказалось 250 тыс. т нефти. Подобных примеров с несколько меньшими потерями УВ может быть названо много. Только в 2007-2012 гг. на газопроводах России произошло более десятка прорывов газопроводов, сопровождавшихся взрывами. Все это показывает большие масштабы и разные формы загрязнения окружающей среды в процессе транспортировки нефти и газа.

### ***Каспийское море как регион аномального загрязнения***

Площадью наиболее выразительных антропогенных загрязнений и даже катастроф можно считать акваторию Каспийского моря. Здесь имеют место разные по своей сути районы экологического нарушения. Кроме определенных природных сложностей на Каспийском море – периодическая смена его уровня, что создает неудобства для строительства на побережье разного рода построек, в последние десятилетия активное освоение нефтегазовых объектов приводит к интенсивному загрязнению акватории. Пока выход из такой ситуации не найден; в данном случае мы можем лишь констатировать такие нарушения. Причин тому несколько.

*Проблема юридического статуса* Каспия сложна и пока не решена. Когда к этому морю выходили только две страны – Советский Союз и Иран, – его статус определялся двусторонними согла-

шениями 1921 и 1940 годов. Появление пяти прибрежных государств и резкий рост интереса к нефтегазовым ресурсам этой акватории изменили ситуацию; общая позиция пока не выработана. Основная сложность решения сводится к трактовке географической сущности Каспийского моря-озера. Если относиться к Каспию как к морю, то его акватория (по аналогии с Северным морем) должна быть разделена между прибрежными государствами на сектора. Если же рассматривать его как замкнутый озерный водоем, то пользование акваторий должно быть общим, без государственных ограничений.

В настоящее время пришли к выводу, что водная поверхность моря-озера должна оставаться в общем пользовании. А дно будет разделено на пять участков линиями, проходящими на равноудаленном расстоянии от берегов пяти стран. При таком разделении России должно достаться 16% акватории, Казахстану – 29, Туркменистану – 21, Азербайджану – 20 и Ирану – 14%. Схема такого деления показана на рис. 9. Наиболее активно против такого принципа возражает Иран, отрицающий возможность деления акватории. Определенные сложности могут возникнуть и при строительстве подводных нефтегазопроводов. Так существуют проекты строительства нефтепроводов для перекачки УВ из Казахстана к побережью Аравийского моря через Туркменистан, Афганистан и Пакистан, откуда уже морским путем она могла бы следовать в Европу и Азиатско-Тихоокеанский регион. Или трасса магистралей из Ирана на территорию Туркменистана, откуда она пересечет Каспийское море уже по линии Туркменбаши-Баку.

Очень острой становится экологическая ситуация в Каспийском море. В настоящее время по данным экспертов за период эксплуатации только одной скважины на Каспии в море попадает от 30 до 120 т нефти и других нефтепродуктов. Кроме того, каждая скважина может сбрасывать в море 150-400 т бурового шлама и 200-1000 т других буровых отходов. Резкий скачок объемов нефтедобычи на шельфе в ближайшие годы может привести к колоссальному нефтяному загрязнению акватории. Согласно принятым расчетам, на каждый миллион тонн добытой в мире нефти приходится в среднем 131,4 т потерь. Эксперты отмечают, что для Каспийского моря этот показатель может оказаться выше. Исходя из ожидаемой добычи 250 млн. т в год, в целом по Каспию потери составят до 33 тыс. т в год. Большая часть загрязнения придется на Северный Каспий – около 24 тыс. т в год. При этом вклад российского сектора в загрязнение составит около 5 тыс. т в год.

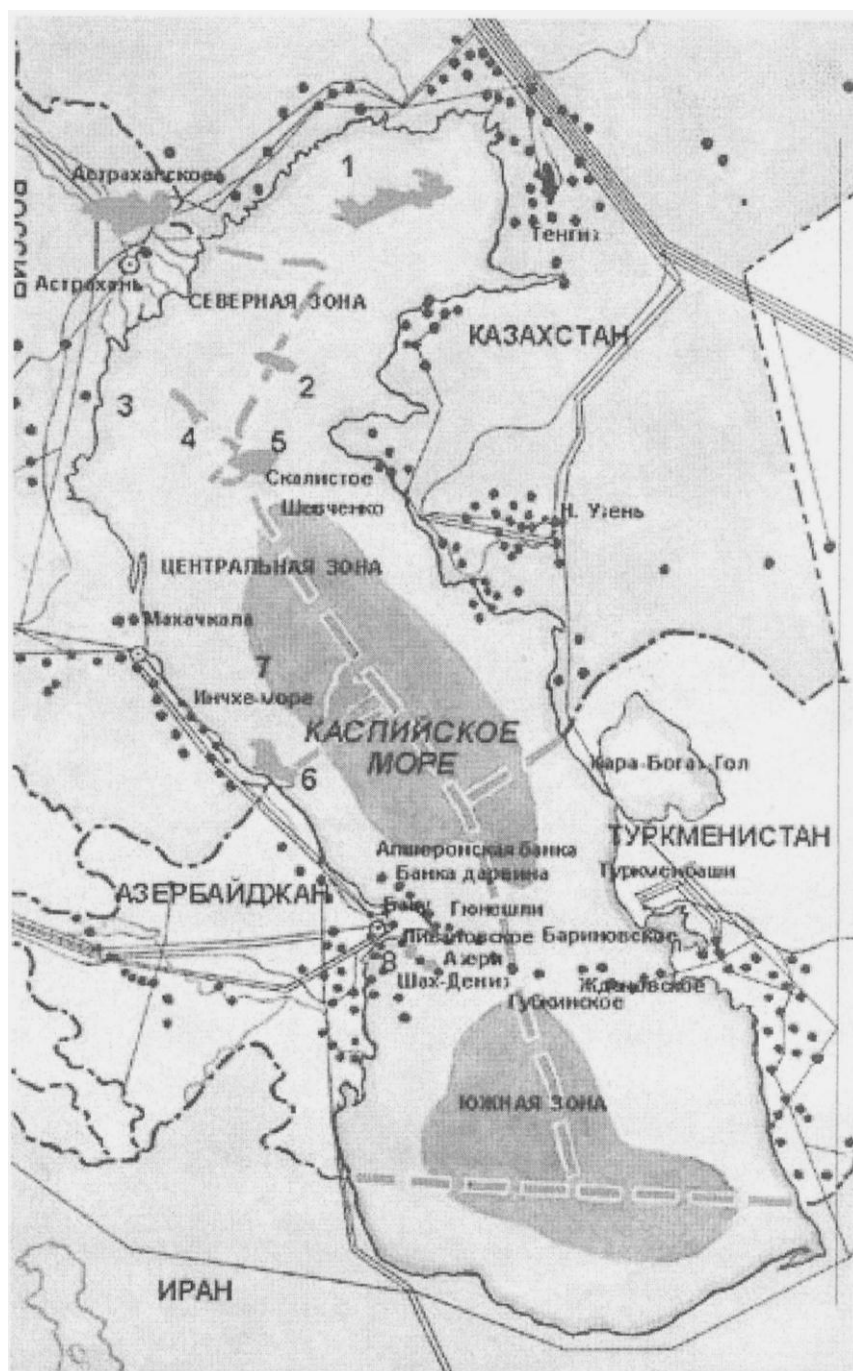


Рис. 9. Схема межгосударственного разделения дна Каспия: Каспийское море и его богатство. Темно серым показаны месторождения нефти и газа, открытые за последние три года и утроившие запасы Каспия: 1 – Кашаган; 2 – Курмангазы; 3 – Ракушечное; 4 – им. Ю. Корчагина; 5 – Хвалынское; 6 – Ялама-Самурское; 7 – Центральное; 8 – Шах-Дениз. Черные точки это уже разрабатываемые месторождения: они «перешли» море по подводной гряде и усеяли оба берега. Жирным пунктиром показано деление моря на сектора по срединной линии с продолженными к ней границами пяти государств. Черными линиями показаны существующие нефте- и газопроводы

На северной части Каспийского моря в условиях мелководья компания «Лукойл» работает с «нулевым» сбросом. В казахстанском месторождении Тенгиз при добыче и переработке нефти компанией «Тенгизшевройл» на прибрежных зонах моря накопилось 5 млн. т серы, которая загрязняет воду, почву и отрицательно влияет на здоровье населения. На азербайджанском месторождении АЧГ (Азери, Чираг и Гюнашли) в связи с увеличением добычи нефти со стороны компаний ВР актуальной задачей является вопрос утилизации пластовых вод. Дополнительные экологические сложности могут внести планируемые строительства нефте- и газопроводов (Казахстан-Туркменистан-Иран), других транспортных систем.

Анализ современной экологической обстановки морской среды показывает, что существующая неблагоприятная экологическая ситуация – это результат многолетнего элементарного игнорирования вопросов охраны окружающей среды в деятельности различных компаний и неопределенности статуса Каспийского моря. Учитывая длительность разработки нефтегазовых месторождений, а также трансграничных воздействий деятельности нефтяных компаний на окружающую среду, ее сохранение требует проведения единой экологической политики в Каспийском море. Кроме того, необходимо проводить единые природоохранные мероприятия и применять малоотходные и безотходные технологии добычи.

Морская вода загрязняется также различными сточными водами производственно-бытового назначения. А Каспийское море представляет собой замкнутый водоем, не имеющий связи с мировым океаном. Данные особенности требуют как можно быстрее ратифицировать рамочную Конвенцию по защите морской среды Каспийского моря. В 2003 в Тегеране Прикаспийские страны подписали такую Конвенцию. Ее целью является защита морской среды Каспийского моря от загрязнения, а также сохранение, восстановление, устойчивое и рациональное использование биологических ресурсов акватории. Разделы Конвенции прописывают обязательства стран по предотвращению, снижению и контролю загрязнений, по защите, сохранению и восстановлению морской среды, а также процедуры оценки воздействия на окружающую среду.

Определенные сложности для проживания и деятельности на берегу Каспия вызывает периодическое изменение уровня моря, колебание контуров его акватории. В период с 1929 до 1977 г. отмечалось падение уровня моря с 25,9 м до 29 м (это была самая низкая

отметка за 400 лет). С 1978 г. наблюдается его подъем. Естественно, что это сказывается на прибрежных постройках и объектах по добыче нефти и газа, что чувствуют Азербайджан и Казахстан, а также приустьевая часть Волги.

## ***Газо- и нефтетранспортные системы Украины и мира***

Транспортировка газа и нефти на большие расстояния и в большом объеме в настоящее время осуществляется через трубопроводные транспортные системы, которые со второй половины XX ст. стали основным методом доставки этого топлива и сырья. Это очень крупное направление нефтегазового дела, в котором нами будут затронуты лишь ключевые вопросы.

Трубопроводный транспорт осуществляет передачу на расстояние жидких, газообразных, а иногда и твердых продуктов по трубопроводам. Трубопроводный транспорт составляет 11% от объема мирового грузооборота. Современное его развитие было подготовлено достижениями в металлургии и машиностроении, а также потребностями хозяйства в транспортировке жидких и газообразных продуктов. Создание широкой сети трубопроводов позволило более эффективно перемещать природный газ, нефть и нефтепродукты на большие расстояния без промежуточных процессов их перегрузки, что имеет место на других видах транспорта (кроме контейнерного). Важная особенность трубопроводного транспорта – непрерывность его функционирования. Это обеспечивается трубопроводами большого диаметра обычно до 1420 мм, а в будущем до 1620 мм и даже до 2200 мм и давлением до 75 и более атмосфер.

Достоинство трубопроводного транспорта – возможность прокладки его магистралей в условиях разного рельефа местности, через большие водные пространства, в том числе моря, в условиях вечной мерзлоты. Газопроводный транспорт использует для хранения добытого газа естественные или искусственные подземные пустоты. Создание газо- и нефтепроводов приводит к определенным экологическим проблемам (разрыв труб и выброс нефти и газа, нарушение естественного покрова при прокладке труб, в северных районах при наземных трассах трубопроводов – помехи для миграции животных).



Суммарная протяженность магистральных нефте- и газопроводов в мире приближается к 2 млн. км, то есть почти вдвое превышает длину железных дорог и, в отличие от последних, продолжает резко увеличиваться. По протяженности нефте- и газопроводов лидируют Северная Америка и Восточная Европа, далеко превосходя Западную Европу и другие регионы мира. Самая протяженная сеть трубопроводов сооружена в США, которые первыми развернули их создание. В СССР, который уступал США по протяженности газо- и нефтепроводов, их строительство началось позже, и были использованы трубы большого диаметра. Поэтому в Советском Союзе объемы трубопроводного транспорта (в 1990 г. – 58% в мире) превосходили таковые в США. Наиболее крупным нефтепроводом Восточной Европы является нефтепровод «Дружба». Это целая система международных трубопроводов общей протяженностью 5 тыс. км. В Северной Америке наиболее протяженные нефтепроводы Редуотер – Порт-Кредит (4,8 тыс. км) и Эдмонтон – Монреаль (3,2 тыс. км).

История формирования отечественной газотранспортной системы выглядит следующим образом. Первый газопровод на территории Украины – от пгт. Дашава до г. Стрый – был построен в 1924 г. Эту дату считают годом основания газовой промышленности Украины. В 1948 г. построен газопровод «Дашава-Киев»; в то время он был самым мощным в Европе. Его пропускная способность составляла около 2 млрд. куб. м в год. В 1951 г. он был продлен до Москвы (Дашава-Москва).

Бурное развитие газотранспортная система Украины получила в 60-70 годы. В 1967 г. после введения в эксплуатацию магистрального газопровода «Долина-Ужгород-Западная граница» (газопровод «Братство») началась подача украинского и российского газа в страны Центральной и Западной Европы. В 70-80 годы началось строительство трансконтинентальных газопроводов «Союз», Уренгой-Ужгород, «Прогресс» и ряда других. В 1970 г. общая длина газопроводов составляла 11,5 тыс. км, в 1980 г. 18 тыс. км, в 1990 – почти 30 тыс. км.

Газотранспортная система Украины состоит сейчас из магистральных газопроводов, распределительных сетей, газохранилищ, компрессорных и газоизмерительных станций. Система эта является второй в Европе и одной из крупнейших в мире. ГТС «Укртрансгаз» состоит из магистральных газопроводов протяженностью 37,6 тыс.

км в одноконтинентальном исчислении, 71 компрессорной станции общей мощностью 5405 МВт. Пропускная способность на границе РФ с Украиной составляет 288 млрд. куб. м, на границе Украины с Польшей, Румынией, Белоруссией, Молдавией – 178,5 млрд. куб. м, в том числе со странами ЕС – 142,5 млрд. куб. м. Общая протяженность газопроводов Украины составляет 283,2 тыс. км.

Кроме того, система включает 13 подземных хранилищ с самым большим в Европе после России активным объемом газа – более 32 млрд. куб. м или 21,3% от общеевропейской активной емкости. Сеть подземного хранения газа включает четыре комплекса: Киевский, Западноукраинский (Предкарпатский), Донецкий, Южноукраинский.

История использования газа для освещения и отопления в России началось в первой половине XIX ст., тогда же появились и первые газопроводы. В Санкт-Петербурге первый газовый завод (производивший светильный газ из импортного каменного угля) и система распределения построены в 1835 г., в Москве – в 1865 г. Затраты на сооружение и эксплуатацию газопроводов велики, поэтому первые газопроводы большой длины появились с началом эксплуатации месторождений природного газа.

Во время Великой Отечественной войны были построены газопроводы от Бугуруслана и Похвистнево до Куйбышева (160 км, диаметр трубы 300 мм), а также от Елшанки до Саратова. Первым магистральным газопроводом в СССР стал газопровод Саратов – Москва вступивший в строй в 1946 г. Среди современных российских магистральных газопроводов нужно назвать газопроводы: Уренгой-Помары-Ужгород (протяженность 4451 км, построен в 1983 г.), Ямал – Европа (2000 км, 2006 г.), Голубой поток (1213 км, 2003 г., подводный), Северный поток (1200 км, подводный), Южный поток (строящийся, 900 км, подводный), Сахалин – Хабаровск – Владивосток, проектируемые Якутия – Хабаровск – Владивосток и «Алтай» (6700 км), а также «Союз» и «Прогресс».

Свою своеобразную историю строительства газопроводов имеют США. В конце 20-х – начале 30-х годов на газопроводном транспорте внедряется ряд технических новшеств, что способствовало организации дальнего транспорта газа. В 1931 г. от месторождения Панхепдл были построены первые магистральные газопроводы протяженностью более 1000 км, по которым газ подавался в районы

Чикаго и Детройта. При строительстве этих газопроводов применялись трубы диаметром не более 600 мм. Рабочие давления обычно не превышали 35–40 кг/кв. см, хотя стенки труб были толстыми; последнее объяснялось необходимостью применять большой запас прочности ввиду недостаточно высокого качества труб и сварочных работ.

Благодаря строительству первых дальних газопроводов и росту использования газового топлива в новом газодобывающем районе (Юго-Западном центре) газ к концу 30-х годов занимает весьма заметное место в топливно-энергетическом хозяйстве США. В 1940 г. доля газа в общем производстве энергии достигала 11,9%. Однако многие важные районы, например, все города Средне-Атлантического побережья, включая Нью-Йорк, вообще не получали природного газа; на территории главного промышленного района США – Индустриального Востока масштабы его потребления были весьма ограничены. Большинство городов этого района снабжалось искусственным газом.

Кроме газа по трубопроводам может транспортироваться и нефть. Трубопровод «Дружба» протяженностью около 6000 км является крупнейшей системой трубопроводов в мире. Северный участок нефтепровода проходит по территории Беларуси, Польши и Германии, а южный – Украины, Чехии, Словакии и Венгрии. Соглашение о строительстве трубопровода было подписано 18 декабря 1959 г. руководителями стран – членов Совета экономической взаимопомощи (СЭВ): СССР, Венгрии, Чехословакии, Польши и ГДР. Строительство началось 10 декабря 1960 года. Отправной точкой для нефтепровода стала Самара. Нефтепровод диаметром до 1020 мм шел по территории Российской Федерации от Самары до Брянской области. Здесь от него отходило ответвление в Вентспилс (Унеча – Полоцк – Мажейкяй – Вентспилс) диаметром до 800 мм, а основная труба из Брянска шла на запад в Белоруссию, где нефтепровод «Дружба» разделялся на две ветки. Одна (северная) шла через Польшу в Германию. Другая ветка (южная) – через Украину в Чехословакию и Венгрию.

На строительство системы нефтепроводов потребовалось четыре года, хотя отдельные участки начали работать раньше и первые тонны нефти в резервуары «Будковце» в Чехословакии поступили еще в феврале 1962 г. Примерно через полгода нефть «Дружбы» по-

лучила Венгрия. В течение 1963 г. строители закончили участки «Мозырь-Броды» и «Мозырь-Брест». Это дало возможность начать поставки нефти в Польшу и ГДР. К середине 1964 г. основные объекты системы «Дружба-1» были сданы в эксплуатацию, а 15 октября 1964 состоялось официальная церемония ввода магистрали в строй.

Через пять лет возник вопрос об увеличении экспортных возможностей Советского Союза, а имеющийся нефтепровод такого увеличения обеспечить не мог. Мощностей «Дружбы-1» стало недостаточно, и в 1974 году по тем же трассам была проложена трубопроводная система «Дружба-2» диаметром до 1220 мм. «Дружбу-2» начали строить весной 1969 г. и закончили в 1974 г., увеличив экспортные возможности страны более чем в два раза.

После распада социалистического лагеря и СССР центр управления российской частью нефтепровода переместился из Львова в Брянск. В России магистраль нефтепровода проходит по территориям 32 районов восьми областей. По нефтепроводу в страны ближнего и дальнего зарубежья направляется почти половина идущей на экспорт российской нефти. В последние годы по основному, западному, направлению нефтепроводной системы «Дружба» перекачивается до 70-80 млн. тонн в год. Эта нефть используется на мощных нефтеперерабатывающих заводах, расположенных в Мозыре (Белоруссия), Плоцке (Польша), Шведте (Германия).

В систему входит 8900 км трубопроводов (из них 3900 км на территории России), 46 насосных станций, 38 промежуточных насосных станций, резервуарные парки которых вмещают 1,5 млн. м<sup>3</sup> нефти. По нефтепроводу в страны «дальнего зарубежья» ежегодно экспортируется 66,5 млн. тонн, в том числе по северной ветке – 49,8 млн. т.

Поскольку нас интересуют, в первую очередь, экологические последствия такой деятельности, нужно сообщить следующее. Уже сами масштабы такого строительства обусловили большой или даже огромный объем нарушенной земной поверхности. Данные о крупных авариях и ЧП на площади России за последние пять лет свидетельствуют о том, что ежегодно может происходить от одного до трех крупных взрывов и пожаров, которые следует относить к локальным экологическим событиям, сравнительно легко ликвидируе-

мым. Примерно такое же явление имеет место в Украине, других странах. Все это позволяет утверждать об относительно безопасной для окружающей среды обстановке при магистральной транспортировке газа.

Вместе с тем, необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. Планируемое строительство Южного потока через Черное море, который будет поставлять газ в Европу, должно учитывать следующее. На глубине 150 м черноморская вода заражена сероводородом; на больших глубинах здесь нет живых организмов. Естественно, что взрыв газопровода, проложенного по дну Черного моря, будет катастрофой для большого числа курортных прибрежных районов; это следует предусматривать уже сейчас. Строителей же сейчас интересуют лишь экономические показатели.

### ***Подземное хранение газа***

Сезонная неравномерность потребления газа требует ее выравнивания. Для обеспечения равномерной работы газовых промыслов и магистральных газопроводов, а также накопления стратегических ресурсов целесообразно хранить газ в подземных хранилищах. Подземным хранилищем газов (ПХГ) является искусственная залежь газа, которая создается в водонасыщенных пластах или выработанных залежах с целью регулирования неравномерного потребления газа в летний и зимний периоды года. В летний период газ из магистрального газопровода закачивается в ПХГ, а зимой подается в разводящие газопроводы.

Для нагнетания газа в хранилище, как правило, строят компрессорные станции с давлением до 15 МПа. Поскольку ПХГ обычно расположены вблизи промышленных объектов или больших населенных пунктов, требования по повышенной их надежности очень жесткие. Кроме того, надежность эксплуатационных скважин хранилищ в значительной мере зависят от качества крепления обсадных колонн, которые на протяжении календарного года работают в режимах отбора или закачки; соответственно при этом оборудование то растягивается, то сжимается.

При строительстве ПХГ необходимо уделять внимание герметичности обвязки колонн и их креплению. Для этого широко ис-

пользуются колонные головки типа ГМК, шаровые обратные клапаны, крепление скважин трубами с шероховатой поверхностью и др. Кроме того, предусматривается создание специальных конструкций скважин подземных хранилищ, обеспечивающих надежную изоляцию емкости от поверхностных и промежуточных верхних водоносных горизонтов, бурение скважин уменьшенного диаметра при небольших дебитах или повышенного диаметра при больших дебитах газа и ряд других технических и технологических мероприятий.

Вопросы разработки, транспортировки и рационального использования газа в Украине тесно связаны с формированием *подземных его хранилищ*. Газотранспортная система страны является одной из мощнейших в мире, как по протяженности, так и по объему транзита газа; она включает 36,7 тыс. км газопроводов, 72 компрессорные станции, систему газораспределительных и газоизмерительных станций и подземных хранилищ. Она выполняет функции обеспечения природным газом внутренних потребителей, а также транзита российского газа (около 90%) в 19 стран Центральной и Западной Европы.

В настоящее время на площади Украины создано 13 ПХГ; их формирование начато с 1964 г. Они размещаются как в отработанных газовых и газоконденсатных месторождениях (11), так и в водоносных пластах локальных структур (2). При существующих объемах сохранения газа комплекс ПХГ обеспечивает 20-25% годового и около 30% суточного его потребления. По своим показателям комплекс занимает третье место в мире (после США и России). Этот комплекс считают своеобразным мостом между газодобывающими регионами России и Средней Азии и потребителями газа в Европе. Автором системы ПХГ и разработчиком проектной документации на ее строительство был УкрНИИГаз, который решает весь круг вопросов по подземному сохранению.

Необходимо подчеркнуть экологическую безопасность подземного хранения газа. Здесь невозможны его взрывы, загрязнение углеводородами новых площадей и недр, особенно если они создаются в местах истощенных газовых и нефтяных месторождений. Вместе с тем, взрывы поверхностных металлических емкостей с нефтью и газом могут быть результатом не только технических просчетов, но и террористических актов, что мы можем наблюдать уже сейчас в воюющей Ливии, Сирии, других странах.

## **ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И НЕДР**

Охрана окружающей среды, в том числе недр и подземных вод, хотя формально и не входит в состав и круг вопросов экологии, но использует выводы этого научного направления для своей деятельности. Особенности охраны подземных вод частично рассматривались в разделе экологической гидрогеологии. Говоря о нарушениях геологической среды, мы называли те основные понятия и термины, которые используются при ее изучении, оценке воздействия на окружающую среду, методах исследований (ОВОС, литомониторинг и др.). В данном разделе попробуем суммировать и систематизировать такую информацию, сделав акцент на экологическом картировании и районировании, роли инженерно-геологических исследований и рекультивации, а также законодательном обеспечении охраны природы и недр, международном сотрудничестве в этой области.

### ***Экогеологическое моделирование, картирование и районирование***

Особенностью геологической среды является ее способность не только испытывать, но и даже «накоплять» в своей системе практически все виды воздействия техногенеза. В числе важных направлений изучения такого явления и наиболее выразительного отражения может считаться геоэкологическое картирование и районирование, составление различного рода моделей техногенной нагрузки и других показателей состояния недр. Основной задачей карты техногенной нагрузки является отображение на ней особенностей использования территории в зависимости от технологии существующих производств, систем сброса, отходов и др.

В зависимости от территориальной организации природного комплекса, масштабов и специфики техногенного воздействия на таких картах и в легенде принимаются таксоны разного порядка. На них изображаются: 1) крупные природно-техногенные комплексы; 2) территории с концентрацией однотипной хозяйственной деятельности; 3) площадные техногенные источники; 4) локальные объекты хозяйственной деятельности, которые разделяются на промышлен-



ные, сельскохозяйственные, горнотехнические, гидротехнические и водохозяйственные; 5) точечные объекты хозяйственной деятельности, которые также разделяются на аналогичные группы. Выполнение таких работ требует введение понятия о природно-техногенном комплексе, под которым понимают сложную систему взаимодействия характерных антропогенных факторов и элементов окружающей среды.

Важное место в эколого-геологическом картировании занимают методы *дистанционного зондирования* земной поверхности. По данным космоснимков производится очень выразительное выделение площадей с разным характером природного состояния, а также получение оперативных моделей трансформации геологической среды под воздействием техногенеза. В числе методических приемов такого изучения следует отметить возможность и целесообразность анализа отдельных площадей с интервалом наблюдений через 5-7 лет. По данным дешифрирования составляются карты современного состояния природных комплексов и их техногенных модификаций, динамики ландшафтов, которые могут быть базовыми для создания геоэкологических моделей, комплексных схем мероприятий по охране и рациональному использованию геологической среды.

Назначение и содержание эколого-геологических карт может быть самым различным. Различают карты национального, регионального, локального и объектного уровней изображаемой информации. В целом, эколого-геологическая карта фиксирует природную обстановку (общегеологические, геохимические, гидрогеологические, инженерно-геологические и другие закономерности), закартированную с точки зрения стойкости геологической среды к техногенным трансформациям, отражает характер такого воздействия, способы профилактики, возможные последствия хозяйственной деятельности. Естественно, что назначение и содержание всех этих карт определяется масштабом картирования и объектом экогеологического анализа.

Комплект эколого-геологических моделей, разработанных для условий Украины, может включать: 1) карту распаханности территории с выделением в ее пределах орошаемых площадей; 2) схему капитальных вложений, предусмотренных на охрану и рациональное использование природных ресурсов; 3) карту загрязнения окружающей среды выбросами в атмосферу; 4) карту загрязнения поверхностных вод сточными водами; 5) карту общей эколого-

географической ситуации. При районировании изучаемой территории выделяются районы условно чистые, умеренно загрязненные, загрязненные, сильно загрязненные, чрезвычайно загрязненные, экологического бедствия и экологической катастрофы.

Особое направление изучения составляет *эколого-геодинамическое* картирование. При этом виде работ особое внимание уделяется разработке моделей природных факторов развития геологической среды, так как техногенная нагрузка обычно накладывается на определенный естественный фон. В данном картировании предусмотрено изучение эндогенных факторов (обычно – землетрясений, вулканических извержений, смещение земной поверхности) и экзогенных. В числе наиболее изученных структур является разлом Сан-Андреас, скорость смещения по которому при землетрясениях достигает 3 см в год. Исследования, которые проводились в районе Ашхабада (1948), Спитака (1988), на других армянских полигонах, показали возможность широкого использования дистанционных съемок Земли. Примером еще одной карты такого типа может быть нанесение площадей излияния лав разного возраста в районах действующих вулканов. В группе экзодинамических процессов и карт предметом картирования являются оползни, карст, суффозия, русловая и боковая эрозия, площадной смыв, абразия, а также выделение и изучение площадей многолетней мерзлоты.

Эколого-геологическое картирование масштаба 1:200000 выполняется в пределах территорий, которые испытывают существенную техногенную нагрузку, характеризуются разным состоянием геологической среды. Конечной моделью подобных построений становится среднемасштабная эколого-геологическая карта, основой которой является районирование территории по ее экологическим параметрам с учетом природных условий и техногенных трансформаций геологической среды. Основное содержание такой эколого-геологической карты имеет следующие основные блоки геоинформации: 1) ведущие факторы динамики геологической среды; 2) экологическое состояние геологической среды по природным факторам; 3) экологическое состояние ГС по техногенным факторам; 4) природные территории и объекты, находящиеся под охраной.

Говоря об экологическом моделировании, нужно затронуть вопрос, который в последнее время часто возникает в связи с планами освоить добычу в Украине и других странах сланцевого газа. В Западной Европе такие планы вызывают активные протесты в связи с эко-

логическими опасениями, которые обычно не имеют четких определений – чего нужно бояться. Естественно, что всякое бурение приводит к нарушению окружающей среды. Особенно экологи опасаются за подземные воды, а также за устойчивость недр, учитывая, что при добыче сланцевого газа должны производиться гидравлический разрыв пласта, использоваться химикаты. В определенной степени такие операции производятся и при добыче обычной нефти и газа, но к возможным последствиям мы привыкли, достаточно хорошо их знаем.

Опасения о вредном воздействии на подземные воды при добыче сланцевого газа не имеют каких-либо конкретных оснований. Битуминозные и менелитовые сланцы, из которых планируют извлекать газ, подземные воды не содержат. А вышележащие пресные воды мы научились сберегать, что можно наблюдать на примере той же Днепровско-Донецкой впадины. Для большей части Европы и Украины в частности характерна сейсмическая устойчивость, поэтому гидроразрывы и закачка химикатов в зоны соленых вод не должна нас путать. И если у густонаселенной Западной Европы могут быть какие-то сомнения, то для площади Украины, условно близкой по плотности населения к США, они не должны вызывать опасения. А в США сланцевый газ добывается. Это пример экологического моделирования, показывающий необходимость прогнозирования негативных последствий на конкретных данных, а не на абстрактных рассуждениях.

### ***Охрана недр, геологической среды***

Охрана недр – это многообразное понятие, направление исследований и практической деятельности, один из разделов курса охраны природы, окружающей среды и экологической геологии. Она включает в себя решение таких вопросов: 1) максимально возможное извлечение и использование извлеченных компонентов при разработке месторождений полезных ископаемых; 2) обеспечение охраны подземных вод в процессе горных работ, разнообразного строительства, других форм техногенного воздействия на недра; 3) наблюдение и комплекс мероприятий по сохранению статистической и геодинамической устойчивости недр в условиях подземной разработки полезных ископаемых, строительства инженерных сооружений, предупреждения их вредных последствий – просадки, образования про-

валов, нарушения геодинамического режима и др.; 4) наблюдения за природными процессами, в результате которых разрушаются верхние зоны земной коры, разработка мероприятий по снижению их вредного воздействия.

Комплекс мероприятий по охране недр включает: 1) организацию литомониторинга, системы наблюдений в области интереса деятельности человека; 2) составление проектов разработки полезных ископаемых с учетом максимально возможного извлечения добываемого сырья; 3) предохранение загрязнения подземных вод, нарушения гидродинамического режима в процессе строительства и разработки полезных ископаемых; 4) создание инженерных сооружений и проведение других мероприятий по сохранению морских и речных берегов, обеспечение устойчивости оползневых зон, предупреждение вредного воздействия карста и других процессов, уничтожения почвенного покрова, подтопления, заболачивания, засоления почв и грунтов в местах проживания человека; 5) использование вскрыши, техногенных месторождений, некондиционной горной породы в процессе добычи полезных ископаемых; 6) разработка мероприятий по сохранению устойчивости недр в процессе подземной добычи полезного ископаемого путем закачки промстоков в эксплуатируемые залежи нефти и газа, закладка в шахтные емкости вредных отвалов. Подобные мероприятия можно продолжить и дальше; наша цель показать основные направления такой деятельности.

Одно из направлений охраны недр сводится к максимально возможно полному извлечению и использованию полезных ископаемых. Хорошо известно, что они не возобновляется, поэтому в задачу такой охраны входят такие вопросы как ресурсосбережение, максимально возможно полное их использование, что теоретически должно уменьшить масштабы их добычи. Одним из направлений этого сбережения можно считать использование в народном хозяйстве извлеченных на поверхность забалансовых запасов, те которые в настоящее время перерабатывать экономически невыгодно или технически сложно, но которые могут быть использованы в будущем. Это близко к тому направлению рационального использования сырья, которое иногда называют безотходной технологией. А также решения о путях использования отвалов, или вскрыши, которые могут быть использованы в дорожном строительстве, как наполнители или иным способом.

Складирование таких отходов рассматривается в горном производстве как создание вторичных месторождений, если их хранение на поверхности не оказывает особо вредного воздействия на окружающую среду. Примером такого негативного случая является извлечение в процессе добычи калийных солей на поверхность некондиционных соленосных пород, что имеет место в Березниках (Приуралье); там такие отходы возвращают в образовавшиеся в шахтах подземные емкости. Так как хранение их на поверхности вызывает интенсивное засоление водоемов и рек.

Еще одним направлением сбережения природных ресурсов и недр в частности можно считать использование вместо обычно извлекаемых горючих полезных ископаемых – угля, нефти и газа – неисчерпаемых или возобновляемых энергетических ресурсов – ветровой и солнечной энергии, биологической энергетики, тепла недр. Это своеобразная проблема и направление развития энергетики, которое для экологической геологии должно рассматриваться как альтернатива добыче ископаемого топлива. Наконец, в настоящее время человек изучает возможность использования минеральных ресурсов Мирового океана, некоторые из полезных ископаемых которого практически неисчерпаемы.

Речь идет не только о растворенных в морской воде солях, но и железомарганцевых конкрециях, содержащих около 20 ценных компонентов; такие скопления залегают на поверхности океанического дна, и разработка их сдерживается лишь отсутствием технологии добычи и опасностью резкого загрязнения акватории. То же можно сказать и о газогидратах, которые в перспективе могут стать альтернативой добыче обычного метанового газа, по утверждению некоторых специалистов.

В последнее время резко возрастает интерес к поискам *газогидратов* на дне в пределах океанов и, в том числе, в акватории Черного моря. Высокая перспективность последней была подтверждена глубоким бурением 1975 года судном «Гломар Челленджер». К таким работам проявляют интерес и нефтегазодобывающие предприятия России. А кабинет Министров Украины даже принял в 1993 году постановление о поисках такого сырья и «создании эффективных технологий его добычи и переработки». Это очень интересное и перспективное для нас решение, но оно должно начинаться с изучения вопроса – как скажутся такие работы на неглубоко залегающий серо-

водородный слой Черного моря, на побережье которого размещаются многочисленные курортные районы.

Много пока еще мало известных экологических осложнений может возникнуть в случае добычи сланцевого газа, а также извлечения газов угольных месторождений, которые планируют изучать и добывать в Украине и европейских странах. Технология извлечения УВ из угольных бассейнов и сланцевых пород достаточно хорошо разработана в США. Больше того, уже в 2009 году около 40% добываемого в этой стране газа базировалось именно на таких источниках. Большой интерес к сланцевому газу проявляет Украина, Польша и ряд других европейских стран. Вместе с тем в Западной Европе против такого энергообеспечения резко выступают экологи, учитывая, что далекие последствия этой деятельности в густонаселенных регионах пока не изучены.

Самостоятельным направлением охраны недр и геологической среды можно считать создание охраняемых территорий – разного рода заповедников, заказников, памятников природы, национальных парков и др. Обычно они имеют целью охрану ландшафтов и каких-то сообществ или видов животных и растений. Этот вопрос полно освещен в работах по общей экологии. Экогеологию интересует охрана геологических памятников или каменных памятников природы, что специально будет рассмотрено позднее. Наконец, проблема охраны окружающей и геологической среды включает работы по восстановлению, или рекультивации нарушенных земель.

### ***Инженерно-геологические исследования, рекультивация***

В числе вопросов экологической геологии находится изучение *устойчивости* природной и в частности геологической среды, ее способность к самовосстановлению. Понятие это должно быть оговорено. Если такие компоненты окружающей среды как животный и растительный мир могут быть при определенных условиях восстановлены, то геологическая среда восстановлению в полной мере не подлежит. Можно восстановить ранее существовавший рельеф на месте отработанного месторождения, другим образом рекультивировать эту площадь, но вернуть сюда изъятый природный компонент (полезное ископаемое) невозможно и нецелесообразно. Это положение должно

быть хорошо понято. Можно говорить лишь о природном восстановлении режима подземных вод, состояния атмосферы и биосферы в местах деятельности человека. Единственным компонентом геологической среды, условно подлежащим естественному восстановлению, являются лишь изымаемые подземные воды. Частичному восстановлению или своеобразной их замене подлежат также почвы.

Устойчивость грунта по отношению к строительству, что должно определенным образом обезопасить человека, условия проживания и перемещения, изучает одно из направлений геологических наук, получившее название *инженерной геологии*. Это отрасль геологии или самостоятельное научно-техническое направление, изучающее грунты, геологические условия и динамику верхних горизонтов земной коры в связи с инженерной деятельностью человека. Главным образом, строительством, созданием гидротехнических сооружений, их эксплуатацией, а также прогнозированием возможных обстановок и последствий. Инженерная геология тесно связана с гидрогеологией, так как подземные воды часто обуславливают устойчивость недр, проявление процессов, названных оползнями, карстом, просадкой и др. Мы уже рассматривали их в разделе экологическая гидрогеология.

На основании специальных многообразных исследований инженерная геология определяет наиболее благоприятные места для планируемого строительства, мероприятий по укреплению устойчивости сооружений, количественные расчеты для возможных нагрузок. Она же исправляет те последствия, что произошли в случае каких-то просчетов или недоучета при строительстве. Включая развитие оползней, подтопления, более высокой сейсмичности, что первоначально прогнозировалась. В рамках инженерной геологии решается большой круг вопросов охраны геологической среды как части экологических систем; она же играет ведущую роль в системе и расчетах литомониторинга.

В результате инженерно-геологической съемки – комплексного изучения геологического строения, геоморфологии, гидрогеологических условий, геологических и физико-географических процессов, а также физико-технических свойств пород для проектирования и строительства различных сооружений, составляются инженерно-геологические карты. Такие карты являются основным документом, характеризующим инженерно-геологические условия того или иного района (площади), вида строительства или хозяйственной деятельно-



сти. Инженерно-геологические карты могут быть аналитическими (показывают значение определенных свойств грунтов), общими (инженерно-геологические условия без указания вида строительства) и синтетическими, показывающими суммарные значения таких факторов; последние являются основой для инженерно-геологического районирования. В процессе таких исследований проводятся различные способы изучения грунтов и горных пород в связи со строительством и другой техногенной деятельностью. Такие лабораторные инженерно-геологические исследования включают испытание грунтов на несущую способность (определение сопротивления сжатию), размокание, испытание пород на набухание, растяжение, уплотнение, сдвиг.

Еще одним большим направлением не только изучения, но и в первую очередь, восстановления окружающей и геологической среды, следует считать *рекультивацию*. Понятие это переводится как «повторно обрабатываю, возделываю»; это комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды. На действующих предприятиях, связанных с нарушением земель, рекультивация должна быть неотъемлемой частью их технологических процессов. Поскольку рекультивированию в основном подлежат земли горного производства, мест добычи полезных ископаемых, данная деятельность может и должна рассматриваться в рамках экогеологии.

В процессе рекультивации различают два основных этапа: технический этап – это подготовка земель для дальнейшего целевого использования в народном хозяйстве (планировка, формирование откосов, снятие, транспортировка, сохранение и последующее нанесение почвенного слоя) и второй этап – рекультивации биологической. Он включает восстановление плодородия, включая комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на возобновление биоты. Если восстановление ориентировано на иное использование образовавшейся емкости (например, создание здесь водоема), то подобные мероприятия второго этапа не нужны.

Соответственно выделяются следующие направления рекультивации: сельскохозяйственное (создание на нарушенных землях сельхозугодий), лесохозяйственное, рыбохозяйственное, санитарно-гигиеническое или какое-то другое. Объемы нарушенных земель велики. В России общая площадь земель, нарушенных при разработке полезных ископаемых и занятых отходами горного производства,

превысила 2 млн. га. Соотношение рекультивированных земель в СССР к началу 1989 году выглядело следующим образом: из восстановленных 1712 тыс. га под пашню было использовано 464 тыс. га, под другие сельскохозяйственные угодья – 555 тыс. га, а остальное под лесонасаждения, водоемы и др.

Большой опыт по рекультивации нарушенных земель накоплен в ряде зарубежных стран (США, Англия, Германия, Нидерланды и др.). В США за 1930-1976 годы горными работами нарушено 0,2% территории страны, однако более 40% ее восстановлено. Естественно, что такое восстановление приводит к удорожанию получаемого сырья. Так, на угольных разрезах оно возрастает на 1 т угля на 10-30%. Значительные успехи по рекультивации земель отмечены в России. В частности, на отвалах горных пород в Кузбассе, на Урале и других регионах созданы полноценные лесонасаждения из сосны, березы, лиственницы, других растений.

В Донбассе успешно проводятся работы по нивелированию и озеленению терриконов с целью устранения отрицательного их воздействия на окружающую среду (запыление, возгорание некоторых отвалов и др.). Примерами очень выразительной рекультивации могут быть лесопосадки на месте отработанных карьеров железных руд в Крыму, а также на Новоселовском карьере извлеченных кварцевых песков в Харьковской области. Хотя в последнем случае лесопосадки целесообразно было бы проводить наряду с созданием здесь естественных водоемов для рекреации.

### **Законодательное обеспечение охраны, международное сотрудничество**

Экологическая геология занимается решением *правовых вопросов* в сфере использования недр и охраной геологической среды. Структура природоохранного законодательства и история его формирования достаточно сложна. Она включает соблюдение законов и кодексов Украины, международных конвенций и соглашений, относящихся к использованию и охране недр, которые ратифицированы страной. В стране утвердилась система составления ТЭО или ТЭД (технико-экономическое обоснование или доклад), предшествующая разведке или введению месторождения в эксплуатацию. Главными среди них являются положения о земельном отводе, утвержденных

запасах полезных ископаемых, полноте извлечения разрабатываемого полезного ископаемого, соблюдение положений об охраняемых территориях. Естественно, что выполнение всех этих мероприятий предполагает знание юридической ответственности за экологические нарушения.

История формирования охраны природы в нашей стране имеет уже почти вековую историю. Началом ее можно считать создание еще в 1916 году государственных заповедников – Баргузинского в Забайкалье и Кедровая падь в Сихотэ-Алине. В 1921 году СНК РСФСР издал первый советский природоохранный декрет «Об охране памятников природы, садов и парков». Этот документ получил развитие в декретах ВЦИК и СНК 1924 года «Об учете и охране памятников искусства, старины и природы», а затем «Об охране участков природы и ее отдельных произведений ...» (1925). В 1926 году СНК СССР принял «Положение о памятниках культуры и природы», которое вместе с другими документами поставило на правовую основу природоохранное дело в стране.

Интересно, что в числе первых охраняемых объектов был Ильменский минералогический заповедник, созданный на основании декрета 1920 года. Он был создан в целях сохранения и научного изучения минералов и горных пород, а также флоры и фауны Ильменских гор, типичных для Южного Урала. При заповеднике создан музей природы. На площади заповедника обнаружено свыше 145 минералов, более 30 из которых впервые найдены в Ильменах. Эта традиция сохранилась и позднее. Так, в 1979 году в Узбекистане был создан первый в СССР геологический заповедник, имеющий целью сохранить один из наиболее полных разрезов девона с богатыми остатками ископаемых организмов. Тогда же создан Карадагский заповедник в Крыму, демонстрирующий древние вулканические сооружения и горнолесной ландшафт. В Европе первый геологический заповедник в провинции Верхний Прованс создан в 1981 году. Лидером в этом направлении деятельности были США, где национальные парки и другие охраняемые объекты природы активно начали создаваться еще в XIX ст.: Йеллоустонский парк (1872), Йосемитская долина, Большой каньон Колорадо и др.

В послевоенные годы одним из наиболее крупных природоохранных мероприятий в нашей стране было проведение в больших масштабах государственных лесных защитных полос и полезащитных лесонасаждений в соответствии с постановлением СМ и ЦК ВКП(б) от

20.10.1948. Такая деятельность резко активизировалась в последней четверти XX ст. Так в 1975 году принято Постановление Верховного Совета СССР «О мерах по дальнейшему усилению охраны недр и улучшению использования полезных ископаемых». Приняты также Основы законодательства СССР и союзных республик о недрах (9.07.75). В 1979 году опубликовано постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов». В 1984 году в Крыму создан природоохранный научный комплекс по литомониторингу, о котором мы уже неоднократно упоминали, а в 1987 году учрежден Государственный комитет по охране природы при Совете Министров. Мы стали 139-й страной, в которой создана подобная структура.

Нужно подчеркнуть, что природоохранная деятельность последних десятилетий была ориентирована не только на общую охрану природы, но и на охрану недр, рациональное использование полезных ископаемых. Существовавшие в стране Министерство геологии, а также союзные министерства в Украине и Казахстане тогда именовались еще и как министерства охраны недр. Эта традиция сохранилась и в суверенной Украине. В 1989 году у нас была разработана Программа геолого-экологических работ страны на 1990-2005 годы, в числе задач которой было проведение специализированного геолого-экологического картирования мелкого, среднего и крупного масштабов. В 1990 году принят Земельный кодекс Украины. В 1994 году вступил в силу Кодекс Украины «О недрах», который регламентировал вопросы охраны природы при эксплуатации месторождений полезных ископаемых. В 1995 году принят Закон Украины «Об экологической экспертизе». Затем было несколько правительственных постановлений об использовании или изучении энергетических ресурсов.

Не менее активной во второй половине XX ст. была природоохранная деятельность и мире. Упомянем лишь главные из таких мероприятий. В 1946 году образована ЮНЕСКО – специализированная межправительственная организация ООН, способствующая распространению образования, науки и культуры. На конференции во Франции в 1947 году был учрежден Международный союз защиты природы, позднее – Международный союз охраны природы и природных ресурсов. В 1967 году подписан договор о принципах деятельности государств по использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела; участниками этого договора являются уже более 70 стран. В 1968 году образован «Римский клуб»

– неправительственное международное объединение, задачей которого является изучение сценариев будущего человечества и его взаимоотношений с природой. В 1971 году группой североамериканских активистов создана организация по охране окружающей среды – Гринпис (Зеленый мир), которая к началу 90-х годов имела офисы в 80 странах мира и насчитывала в 158 странах около 5 млн. своих активных сторонников.

В 1972 году Генеральной Ассамблеей ООН учреждена программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), которая стала организационным ядром механизма осуществления Международных конвенций и соглашений. Под ее эгидой осуществлялось свыше международных проектов по охране окружающей среды в различных районах земного шара. В 1973 году в соответствии с международной программой ЮНЕСКО «Человек и биосфера» в перечень особо охраняемых природных территорий введена категория «Биосферный заповедник». В 1977 году в Найроби (Кения) проведена Всемирная конференция ООН по проблемам опустынивания; представители 94 стран, участвовавшие в ее работе, приняли План действий по борьбе с этим явлением. В 1980 году была провозглашена «Всемирная стратегия охраны природы» – международный документ, разработанный Международным союзом охраны природы и природных ресурсов (МСОП) при поддержке Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и соответствии Всемирного фонда охраны дикой природы. В 1982 году Генеральная Ассамблея ООН приняла «Всемирную хартию природы» – документ, направленный на сохранение основных природных процессов на относительно устойчивом уровне.

Практически почти все эти международные организации и их действия, а также многие другие, были направлены на охрану живой природы, что соответствует задачам и нормам экологии. Намного меньше мероприятий проводилось по изучению и охране недр. На XXVI сессии Международного геологического конгресса (1980, Париж) предметом инженерной геологии была признана геологическая среда как часть литосферы, вовлеченная в хозяйственную деятельность и испытывающая прямые и опосредствованные влияния. В 1991 году во Франции принята Международная декларация памяти Земли, разработанная участниками Первого международного симпозиума охраны геологического наследства. Аналогичные вопросы рассматривались и решались на других регулярно проводимых Международных геологических конгрессах. Такое явление, как мы уже

отмечали, является следствием того, что экологическая геология изучает своеобразные вопросы и процессы, в которой разбирается сравнительно небольшое количество специалистов.

Еще одним направлением охраны недр следует считать изучение и охрану объектов, которые получили название геологических, или *каменных памятников природы*. Наиболее активными такие действия были в нашей стране, и в частности, в Украине. Кроме уже упоминавшихся Ильменского и других заповедников, с 1980-х годов начато не только выделение, но и активное изучение таких объектов. Так, в 1985 году издан справочник-путеводитель «Геологические памятники Украины». В 1993 году предприятием «Геоинформ» Государственного комитета Украины по геологии и использованию недр и Европейской ассоциацией ProGEO по сохранению геологического наследия началась разработка проекта «Систематизация и описание геологических памятников Украины, разработка рекомендаций по их популяризации, использованию и сохранению». А уже в 1995 году была выполнена коллективная работа «Геологические памятники природы Украины: проблемы изучения, сохранения и рационального использования» (авторы В.П. Гриценко, А.А. Ищенко, Ю.О. Русько, В.И. Шевченко).

Одной из особенностей нефтегазопромышленного дела и геологии углеводородов является активное *международное сотрудничество*. Уже с начала XX ст. начато регулярное проведение международных и мировых нефтяных конгрессов, а затем газовых и энергетических конференций, прерывавшихся лишь в годы мировых войн. Раз в четыре года проводились Международные нефтяные конгрессы, ставшие позднее мировыми нефтяными. Еще чаще собирались Мировые энергетические конференции. Вопросы геологии нефти и газа рассматривались также на Международных геологических конгрессах, начавших регулярно проводиться с 1878 года.

В 1900 году в Париже состоялся I Международный нефтяной конгресс, начавший систематическое проведение таких мероприятий. II МНК проведен в 1905 году в Бельгии (Льеж), III – в 1907 году в Румынии (Бухарест). С 1933 года начато проведение аналогичных мероприятий, названных Мировыми конгрессами. Впервые такой конгресс был проведен в Лондоне. Москва принимала делегатов и гостей в 1971 году. В 2008 году конгресс проходил в Мадриде (Испания). В нем приняло участие около 5000 делегатов. Среди них руководители отрасли из стран производителей и потребителей нефти, а также представители

свыше 800 фирм, занятых в нефтяной отрасли. 20-й МНК проходил в Катаре (2011). На этом конгрессе присутствовало 4500 делегатов, 50 глав отраслевых министерств и ведомств разных стран мира, 600 глав крупнейших мировых компаний нефтегазовой отрасли. На конгресс подано около 2000 докладов, рассмотренных в 24 технических сессиях. Такие конгрессы проводятся Постоянным Советом Мирового Нефтяного Конгресса (WPC) раз в три года.

В 1931 году был основан Международный Газовый Союз (МГС, IGU) как некоммерческая, неполитическая и негосударственная организация для развития сотрудничества между нефтегазовыми компаниями и обобщения мирового опыта газовой промышленности. МГС является организатором проведения всемирных газовых конференций, начатых с того же 1931 году и которые сейчас проводятся раз в три года. Первая конференция была проведена в Лондоне; в 1970 году состоялась в Москве, в 2006 году в Амстердаме (Нидерланды), 24-я в Буэнос-Айресе (2009, Аргентина). На 2012 год намечено проведение такой конференции в Малайзии, участником которой был один из авторов этого пособия. В состав МГС входят 7000 участников – 84 газовые ассоциации и профильные компании из 67 стран мира; в том числе от России – ОАО «Газпром», НП «Российское газовое общество» и НКО «Союз независимых производителей газа».

Одним из направлений послевоенного международного энергетического сотрудничества стало создание в 1960 году организация стран – экспортеров нефти (ОПЕК); в 1965 году был принят ее устав, в который многократно вносились изменения. Членами ОПЕК являются Алжир, Венесуэла, Габон, Индонезия, Иран, Ирак, Катар, Кувейт, Ливия, Нигерия, ОАЭ, Саудовская Аравия. Целью организации являются координация и унификация нефтяной политики государств-членов, охрана окружающей среды и др. Деятельность эта является предметом изучения многих ученых, экономистов, политиков, отражена в многочисленных публикациях. Во главе нефтяной политики здесь стоят регулирование и квотирование экспорта нефти, отражающееся и на ее добыче.

Вместе с тем, на всех этих сборах и форумах в той или иной форме и объеме отражаются вопросы охраны природы, анализируются нарушения в окружающей среде, их экологические последствия. Наиболее активно все эти вопросы изучаются в два последних десятилетия, в связи с развитием того направления, которое получило название экологической геологии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы завершаем освоение учебного курса «Экологическая безопасность» и должны хорошо понять его цель и суть: он должен научить нас не только бережно относиться к извлекаемому нами сырью, но и понимать характер и масштабы нарушений окружающей среды. Они очень многообразны. Нами получены сведения не только об окружающей среде, но и какие нарушения могут происходить в недрах, в геологической среде. Мы познакомились с районами наиболее масштабных экологических нарушений и катастроф, уточнили, в процессе каких операций разработки, транспортировки и переработки углеводородов происходят загрязнения. Нужно также знать о законодательном обеспечении охраны недр при добыче нефти и газа, а также о международном сотрудничестве в этой области.

Уже в процесс освоения данной информации мы выполняли разного рода работы, позволявшие полнее понять характер нарушений. Нами составлены рефераты по выбранным темам, которые дали возможность глубже понять разные формы нарушений окружающей среды в процессе разработки нефтегазовых месторождений. Мы собирали иллюстративный материал, показывающий результаты геологической деятельности человека. Рассмотрена история техногенных катастроф в нефтегазопромысловом деле и их последствия. Основные направления таких заданий и работ приведены в приложениях. И полученные нами знания имеют целью по возможности не повторять подобные нарушения.

При работе над учебным пособием мы получили поддержку и разного рода помощь от Е.Ф. Зубкова, С.В. Кривули, В.Н. Прибыловой, В.П. Червинского, В.С. Волкова и др.; в подборе иллюстративного материала для освоения курса принимала активное участие Т.О. Надала. Пользуемся случаем поблагодарить всех их, и надеемся продолжить исследования и публикации в этой области.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Адаменко О. Екологічна геологія: підручник / О. Адаменко, Г. Рудько. – К.: Манускрипт, 1998. – 348 с.
2. Белоусова А.П. Экологическая гидрогеология: учебник для вузов / А.П. Белоусова, И.В. Гавич, А.Б. Лисенков, Е.В. Попов. – М.: Академкнига, 2006. – 397 с.
3. Васильев А.Н. Организация гидрохимического мониторинга в условиях нефтегазоносного северо-востока Украины / М.Н. Васильев, Н.Е. Журавель, П.В. Ключко. – Х.: Экограф, 2001. – 112 с.
4. Соловьев В.О. Геология и нефтегазоносность Украины: учебное и справочное пособие / В.О. Соловьев, А.Н. Васильев и др. – Х.: Курсор, 2007. – 297 с.
5. Губарев В.К. География мира: справочник школьника и студента / В.К. Губарев. – Донецк: БАО, 2004. – 608 с.
6. Лурье А.И. Природный газ Украины. История и современность: науч.-попул. очерк / А.И. Лурье, И.М. Фык. – Х., 1999. – 100 с.
7. Петрашин Л.Ф. Охрана природы в нефтяной и газовой промышленности / Л.Ф. Петрашин, Г.Н. Лысяный, Б.Г. Тарасов. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1984. – 188 с.
8. Подземные воды. Экологическая геология. Инженерная геология. Использование и охрана недр: словарь-справочник; под ред. В.О. Соловьева. – Х.: Тарбут Лаам, 2005. – 248 с.
9. Рудько Г. Екологічний моніторинг геологічного середовища: підручник / Г. Рудько, О. Адаменко. – Львів: Видав. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2001. – 260 с.
10. Соловьев В.О. Экология: этапы развития и основные направления исследований / В.О. Соловьев, К.А. Немец. – Х.: РА, 1998. – 104 с.
11. Соловьев В.О. Охрана недр и экологические проблемы нефтегазодобычи / В.О. Соловьев, Е.Ф. Зубков, С.В. Кривуля, И.М. Фык // Питання розвитку газової промисловості України. – 2012. – Вип. XL. – С. 237–241.
12. Соловьев В.О. История освоения нефтегазовых скоплений / В.О. Соловьев, С.М. Кривуля, И.М. Фык // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012. – № \_\_. – С. \_\_

13. Соловьев В.О. Экологическая геология: учебное пособие / В.О. Соловьев, И.М. Фык, В.Н. Прибылова. – Х., 2012. – 160 с.
14. Солодкий В.Д. Онови екологічної безпеки: навч. посібник / В.Д. Солодкий, Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Ю.Д. Сакара та ін. – Х.: НТУ «ХПІ», 2002. – 176 с.
15. Теория и методология экологической геологии; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: МГУ, 1997. – 254 с.
16. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Управління природоохоронною діяльністю: навч. посібник / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Ю.Г. Масікевич, В.Д. Солодкий та ін. – Х.: НТУ «ХПІ», 2002. – 304 с.
17. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология: учебник / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. – М.: «Геоинформмарк», 2002. – 415 с.
18. Червинский В.П. Введение в специальность «Нафтогазова справа»: учебное пособие / В.П. Червинский, Н.В. Мельник. – Х.: НТУ «ХПІ», 2009. – 132 с.
19. Шнюков Е.Ф. Экологическая геология Украины: справочное пособие / Е.Ф. Шнюков, В.М. Шестопалов, Е.А. Яковлев и др. – К.: Наук. думка, 1993. – 407 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### **Основные темы занятий:**

Общее представление об учебном курсе. Окружающая среда и ее нарушения. Структура экологии и основные ее направления. Геологическая среда. Оценка воздействия на окружающую среду.

Природные процессы, их возможные негативные последствия. Геологическая деятельность человека, формы техногенеза.

Нарушение состава и режима подземных вод. Чем они могут быть обусловлены, последствия таких нарушений.

Поисково-разведочные работы, выявляющие нефтегазовые скопления. Бурение как основной вид работ в нефтегазовом деле и его воздействие на окружающую среду, недра.

Основные источники загрязнения окружающей среды. Характеристика основных районов загрязнения в Украине, других странах и регионах мира.

Загрязнения в процессе переработки и транспортировки углеводородов. Каспийское море как регион аномального загрязнения.

Газотранспортные системы мира и Украины. Подземное хранение газа.

Охрана окружающей среды, направления ее изучения. Экологическое моделирование, картирование и районирование.

Охрана недр, геологической среды. Инженерно-геологические исследования и сооружения; рекультивация и ее формы.

Законодательное обеспечение охраны природы и недр, международное сотрудничество в этой сфере.

Сообщения по темам рефератов, просмотр и изучение собранных и имеющихся иллюстраций. Анализ сообщений по теме исследований.

Модульная контрольная работа. Получение зачета.

**Самостоятельные работы** включают составление рефератов, подбор иллюстративного материала, подготовку сообщений по отдельным темам учебного курса; они частично уточняются ниже.

1) *Рефераты* могут быть составлены по теме основных разделов курса. Но в них должен содержаться новый материал. Например,

более подробно рассмотрен процесс бурения скважин и возникающие при этом технические нарушения, приводящие к загрязнению окружающей среды, экологические последствия при транспортировке УВ, взрывы емкостей с нефтепродуктами. Можно попробовать изучить и охарактеризовать возможные экологические последствия использования сланцевого газа, газогидратов, газов угольных месторождений.

2) Сбор *иллюстраций* по теме курса. Такими иллюстрациями будут фотографии результатов взрывов на месторождениях в ДДВ, Туркменистане, Западной Сибири, Мескиканской впадине и др. Эти рисунки и фото должны сопровождаться краткими пояснениями. Цель подобных иллюстраций – дополнить имеющийся на кафедре графический материал, который будет использоваться в учебном процессе.

3) Составление *сообщений* на тему «История нарушения окружающей среды в нефтегазопромысловых районах». Такими районами могут быть НГО и НГП Украины, где будут приведены даты техногенных катастроф, краткая их характеристика. А также других аналогичных нарушений в Западной Сибири, Западной Европе, Северной Америке, Азии.

## КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ

**Аварийные выбросы** нефти, газа и минерализованных вод – вынос на земную поверхность из нефтяных и газовых скважин значительных масс подземных флюидов (пластовых вод, нефти, газоконденсата), находящихся под высоким давлением. Аварийные выбросы происходят редко, но могут носить катастрофический характер и сопровождаться человеческими жертвами. На месте аварийных скважин часто образуются кратеры, которые трудно рекультивировать. При аварийных выбросах пластовые флюиды проникают во все проницаемые горизонты по пути движения, происходит их смешивание с водами зоны свободного водообмена.

**Амбар** – накопитель отходов при бурении скважин (главным образом шлама), устраиваемый путем создания котлована с трамбовкой его дна и боковых сторон водонепроницаемой глиной. После завершения бурения А. рекультивируется.

**Артезианские воды** – напорные подземные воды, содержащиеся в водоносном горизонте, который располагается между водонепроницаемыми толщами. При вскрытии они поднимаются выше водоупорной кровли, иногда выше земной поверхности и могут фонтанировать. Получили название от провинции Артуа во Франции (латинизированное название Артезия), где в XII ст. впервые был построен колодец для их получения.

**Артезианский бассейн** – гидрогеологическая структура, приуроченная к толщам пологозалегающих или слабодислоцированных, рыхлых или слабоизмененных осадочных пород, содержащих пластовые подземные воды, которые подстилаются кристаллическими породами фундамента (ложе А.б). А.б приурочены к отрицательным структурам платформ (синеклизы, перикратонные прогибы), предгорным и межгорным прогибам. Соответственно выделяются платформенные (Днепровско-Донецкий, Московский и др.), предгорные (Предкарпатский и др.) и межгорные (Закарпатский и др.) А.б.

**Бурение** – процесс проходки скважины и важный вид работ для изучения и разработки полезных ископаемых, подземных вод, глубинного строения и картирования закрытых площадей. Включает непосредственно бурение ствола скважины, обсаживание ее колоннами, их цементирование, оборудование устья скважины. По условиям проходки

скважин различают Б. колонковое, ударное, вращательное, шнековое, шарошечное, бескерновое, а также роторное, турбинное, электробурение. В зависимости от цели Б. оно бывает картировочным, структурным, поисково-разведочным, эксплуатационным (разработка полезных ископаемых – нефти, газа, подземных вод, рассолов), глубокое – для получения представлений о глубинном строении отдельных площадей. Обычно Б. является одним из наиболее дорогих работ, поэтому по возможности оно частично заменяется геофизическими исследованиями.

**Геологическая среда** – верхняя часть литосферы и подземной гидросферы, которая находится под воздействием хозяйственной деятельности, и в известной степени определяет ее. Это составная часть окружающей среды и техносферы, многокомпонентная система, включающая недра, подземные воды, полезные ископаемые и др. интересующие человека объекты; она активно взаимодействует с биосферой, гидросферой, атмосферой. Верхней границей Г.с. принято считать дневную поверхность, а нижняя определяется глубиной техногенного проникновения человека в литосферу – до 1-1,5 км в районах горнодобывающих работ и 10 км и более для областей нефтегазодобычи. Термин получает широкое распространение в экологической геологии.

**Геологические процессы** – ход развития явлений, при котором создается или меняется рельеф, происходят разнообразные движения и преобразования в недрах и, в конечном счете, формируется земная кора. Г.п. являются основным предметом изучения динамической или физической геологии; пространственно-временное их проявление изучает историческая геология, а те из них, что формируют рельеф – геоморфология. Их принято делить на две основные группы – эндогенные и экзогенные, или процессы внутренней и внешней динамики. В последние десятилетия начинают активно изучаться еще одна группа Г.п., которые можно называть космогенными: поступление на землю космического материала, обуславливающее формирование импактных структур и, в конечном счете, самой Земли, воздействие физических полей космоса. Все Г.п. условно можно разделить на древние и современные; последние называют также физико-географическими. Геологию они интересуют для восстановления картин прошлого, как фактор создания современного рельефа.

**Геоэкология** – научное направление, развивающееся на стыке биоэкологии и наук о Земле. Предметом ее исследований являются биосферные оболочки, ландшафты, почвы, растительный покров, нижние слои атмосферы, поверхностные и подземные воды, верхняя зона земной ко-

ры. Это преимущественно географическая наука, однако ее исследования носят комплексный характер и требуют интеграции информации, знаний и методов геологии, почвоведения, геохимии, биологии, сведения их в единую систему знаний о геоэкологической среде. Можно различать глобальную и региональную Г., изучать природные и техногенные ее факторы, делать акценты на общебиологические и социально-экологические аспекты исследований. В ее составе принято выделять географический аспект исследований (изучение ландшафтов и различного рода экосистем, биосферы в целом, система наблюдений или мониторинг, разработка мероприятий по охране и восстановлению окружающей среды) и геологический, который принято называть экологической геологией. Предметом последнего является мониторинг геологической среды, изучение результатов геологической деятельности человека на экосистемы (разработка полезных ископаемых, охрана недр, загрязнение подземных вод), а также воздействие на органический мир прошлого различного рода палеогеографических и историко-геологических процессов и событий, среди которых принято называть трансгрессии и регрессии, климатические изменения, вулканизм, колебание солености морских и океанических бассейнов, космическая бомбардировка Земли.

**Грунт** – горные породы, осадки, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющуюся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека. Грунты служат: 1) материалом оснований зданий и сооружений; 2) средой для размещения в них сооружений; 3) материалом самого сооружения; 4) сырьем для строительных изделий. По структурно-текстурным особенностям выделяют скальные и нескальные Г. Скальные Г. характеризуются жесткими кристаллизационными или цементационными связями между отдельными кристаллами или частицами. К ним относят магматические, метаморфические и осадочные сцементированные горные породы (гранит, гнейс, песчаник, известняк и др.). Нескальные Г. характеризуются отсутствием жестких связей между отдельными составляющими его частицами или кристаллами. К ним относят все рыхлые осадочные породы (алеврит, песок, галька), а также легко деформируемые осадки (ил, торф).

**Грунтоведение** – отрасль инженерной геологии, изучающая состав, структурно-текстурные особенности и физико-механические свойства грунтов с точки зрения возможности строительства на них различных сооружений. Различают Г. генетическое, региональное,

специальное. В украинском языке Г. (грунтознавство) звучит так же, как и почвоведение, хотя это совершенно разные науки.

**Грунтовые воды** – подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, расположенные на водоупорном слое. Г.в. имеют свободную водную поверхность; площадь их распространения и область питания обычно совпадают. В зависимости от морфологии водоносного горизонта различают Г.в. пластового типа, формирующегося в осадочных отложениях, и Г.в. трещинного типа в коре выветривания кристаллических пород. Режим Г.в. формируется под воздействием физико-географических факторов – климата, рельефа и др. Данный тип подземных вод, являющийся наиболее важным для местного водоснабжения, особенно чувствителен к процессам техногенного загрязнения.

**Заводнение** – закачка в нефтеносный или газоносный пласт (залежь) воды через специальные скважины. Метод этот используется для поддержания пластового давления, увеличение нефтеотдачи пласта и повышения добычи нефти. Кроме того, оно может быть важным природоохранным мероприятием, так как при З. иногда производится закачка промстоков, сточных вод. В ряде случаев З. позволяет избежать вредного техногенного воздействия (например, в Денвере, США при ее проведении прекратились начавшаяся просадка земной поверхности и связанные с этим землетрясения). В зависимости от места введения воды по отношению к залежи, различают приконтурное и внутриконтурное З.

**Загрязнение** – привнесение в геологическую среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических агентов. З. может быть природным (извержение вулкана, деградация озонового слоя в результате космической бомбардировки) и антропогенным, вызванным деятельностью человека. К основным объектам, подвергающимся З., относятся воды (в том числе, подземные), воздух, почвы. По своему характеру З. может быть физическим (тепловое, радиоактивное, электромагнитное), механическим, химическим, биологическим или комплексным.

**Загрязнение подземных вод** – изменение их химического состава (обычно засоление) или появление иных нежелательных компонентов в результате деятельности человека. Это может быть следствием нарушения санитарных норм в приповерхностных условиях (создание водоотстойников, появление сточных вод, хранение мусора, техноотходов), нарушения режима подземных вод вследствие не-



грамотно организованного бурения, ликвидации существовавшего почвенно-растительного слоя, нарушения зоны аэрации, водоупорной кровли. Основными причинами З.п.в. являются деятельность промышленности (37%), сельского хозяйства (16%), жилищно-коммунального хозяйства (10%), поступление некондиционных подземных вод при нарушении режима эксплуатации водозаборов (13%).

**Закрепление грунтов** – искусственное изменение свойств грунтов для проводимого строительства в условиях их естественного залегания путем применения специальной физико-химической обработки. Среди методов З.Г. – цементация, глинизация, холодная и горячая битумизация скальных грунтов, а также силикатизация, замораживание и холодная битумизация рыхлых пород, создание растительного покрова. Применяется в гидротехническом и промышленном строительстве, горном деле.

**Засоление почв** – процесс накопления в почвах или поверхностном слое грунта легко растворимых солей – хлоридов, сульфатов и карбонатов натрия, магния, кальция. З.п. может быть результатом повышенного содержания их в коренной породе и последующим выносом в почвы, а также процессом длительного накопления солей в условиях высокого испарения влаги из расположенных близко от поверхности грунтовых вод. Такие условия существуют в пониженных участках рельефа с близповерхностным залеганием водоупора, откуда сток вод затруднен. Следствием З.п. может быть формирование солонцов и солончаков. Вторичное или повторное З.п. бывает результатом неправильно организованного орошения: поднимающаяся по капиллярам вода выносит соль в поверхностную зону. Рассоление таких почв производится путем вымывания солей пресными водами.

**Многолетняя мерзлота** – близповерхностная подземная зона с длительно сохраняющимися (века или даже тысячелетия) отрицательными температурами, а также само это природное явление. Необходимым условием для формирования М.м. является длительная среднегодовая отрицательная температура в районах ее распространения, при которой мощность мерзлых пород может достигать многих сотен метров; последние имеют сплошное или прерывистое распространение и залегают обычно под слоем протаивающих пород. Подземные воды в зоне М.м. находятся в состоянии льда; инженерно-геологические свойства таких грунтов резко отличаются от обычных. Изучение М.м. оформилось в самостоятельную науку – мерзловедение или геокриология. Син. – подземное оледенение,

мерзлая зона литосферы; устаревшие названия – вечная или вековая мерзлота.

**Мониторинг** (анг. и лат. – тот, кто напоминает, предупреждает) – система наблюдений и оценки состояния природной среды и определения ее изменений в результате деятельности человека. Термин появился в 1972 г. в дополнение к понятию «контроль». Различают глобальный (биосферный), климатический, биологический, экологический, геологический и др. М. Геологический аспект М. сводится к комплексным наблюдениям в районах разработки месторождений полезных ископаемых, а также изучению состояния подземных вод в районах активной промышленной деятельности. Для проведения таких исследований используется комплекс геохимических, гидрогеологических, геофизических, дистанционных и других методов. В последнее время он выделяется под названием литомониторинг.

**Недра** – верхняя часть земной коры, располагающаяся ниже земной поверхности. Обычно Н. называют ту ее часть, которая включает в себе доступные для добычи полезные ископаемые, зоны их формирования или область какого-то другого изучения.

**Нефтегазопромысловая геология** – научное направление, развивающееся на стыке геологии нефти и газа, а также горнотехнических наук (нефтегазопромыслового дела). В ее задачи входит обоснование разработки нефтегазовых месторождений, контроль за этим процессом, регулирование разработки для достижения наиболее полного извлечения углеводородов, а также охраны недр и безопасности ведения работ.

**Окружающая среда** – совокупность природных, социальных (включая среду жизнедеятельности человека) и техногенных факторов и условий существования человеческого общества, а также материальных объектов, явлений, оказывающих влияние на человека и его хозяйственную деятельность. К природным компонентам О.с. относятся географическое положение, устройство поверхности, климат местности, его минеральные, энергетические и водные ресурсы, почва, воздух, животный и растительный мир. Частично эти компоненты в той или иной степени могут быть изменены человеком (распашка земли, осушение болот, вырубка леса, нивелирование рельефа и т.д.); в этом случае говорят о техногенной О.с. В данное понятие входят также социально-экономические компоненты, которые определяют форму и объем обмена материальными продуктами, энергией, информацией. Средой жизнедеятельности человека называют О.с. территории населенных пунктов, земли сельскохозяйственных, курортных и рекреационных зон, водные объекты, предназначенные для хозяй-

ственно-питьевого использования. Соответственно, выделяют социальную О.с. – совокупность социально-бытовых условий жизнедеятельности людей, социально-экономических отношений между ними.

**Оползень** – отрыв и смещение вниз по склону под действием силы тяжести участков обычно рыхлых коренных пород. Основным условием существования О. является наличие поверхности скольжения (водоупора), а ведущей ролью при его формировании – деятельность подземных вод. Оползшую массу называют оползневым телом, а при его разрушении – деляпсием. В районах развития О. формируется своеобразный рельеф – бугристый в нижней части склона и с наличием оторванных и оползших блоков и плоскостей срыва в верхней. По условиям проявления и морфологии О. бывают поверхностными и подводными, однокорпусными и многокорпусными, суффозиозными и пластичными. Формирование О. представляет собой своеобразный и широко распространенный процесс, который следует отличать от обвалов и осыпей (гравитационные перемещения без участия воды), оплывин, сплывов или оплывов (перемещения смешанных рыхлых переувлажненных пород вниз по склону), солифлюкции.

**Отстойник** – бассейн или резервуар, в котором при замедленном течении или неподвижном состоянии происходит осаждение взвешенных частиц или разделение несмешивающихся жидкостей; применяется для первичной очистки воды, стоков.

**Охрана водных ресурсов** – система организационных, исследовательских, юридических, экономических и технических мер, направленных на предотвращение и устранение последствий загрязнения и истощения водных богатств. Применительно к поверхностным и подземным водам в ряде случаев может существенно отличаться.

**Охрана геологической среды** – совокупность мероприятий и узаконенных правил, обеспечивающих рациональную разработку полезных ископаемых, в том числе, подземных вод, рациональное использование геологического пространства для разрабатываемых объектов, наиболее полное извлечение полезных ископаемых при соблюдении устойчивости недр и поверхности, возможность естественного и искусственного восполнения запасов подземных вод, создание охранной зоны в областях их питания. Синоним или понятие, близкое к охране недр.

**Охрана недр** – многообразное понятие, направление исследований и практической деятельности, один из разделов охраны природы, окружающей среды, экологической геологии. Включает: 1) максимально возможное и целесообразное извлечение на поверхность используемых компонентов при разработке месторождений полезных ископаемых; 2) обеспечение охраны подземных вод в процессе горных работ, разнообразного строительства, других форм техногенного воздействия на недра; 3) наблюдения и комплекс мероприятий по сохранению статистической и геодинамической устойчивости недр в условия подземной разработки полезных ископаемых, строительства инженерных сооружений, предупреждение их вредных последствий – просадки, образования провалов, нарушение геодинамического режима и др.; 4) наблюдение за природными процессами, в результате которых разрушаются верхние зоны земной коры и разработка мероприятий по снижению вредного их воздействия. Одним из направлений О.н. следует считать сохранение природных эталонов земной коры, выявление и сохранение геологических памятников природы. Поскольку понятие «недра» включают все то, что находится под земной поверхностью, объектом изучения и сохранения данного направления должна быть и охрана почв, как от вредного естественного воздействия (заболачивание, засоление, разрушение), так и от техногенного, обусловленного геологической деятельностью человека. Комплекс мероприятий по О.н. включает: 1) организацию литомониторинга, системы наблюдений в области интереса деятельности человека; 2) составление проектов разработки полезных ископаемых с учетом максимально возможного извлечения добываемого сырья; 2) предохранение загрязнения подземных вод и вредного нарушения гидродинамического режима в процессе строительства и разработки полезных ископаемых; 4) создание инженерных сооружений и проведение других мероприятий по сохранению морских и речных берегов, обеспечение устойчивости оползневых зон, предупреждение вредного воздействия карста и др. процессов, разрушения почвенного покрова, подтопления, заболачивания, засоления почв и грунтов в местах проживания человека; 5) использование вскрыши, техногенных месторождений, некондиционной горной породы в процессе добычи полезных ископаемых; 6) разработка мероприятий по сохранению устойчивости недр в процессе подземной добычи полезного ископаемого путем закачки промстоков в эксплуатируемые залежи нефти и газа, закладка в шахтные емкости отвалов и др. Широко используемое в обиходе понятие «О.н.» (в том числе, название

ранее существовавшего в нашей стране Министерства геологии и О.н.) не имеет, однако полной комплексной расшифровки его сущности. Трактовка его остается различной в разных областях геологии и техногенной деятельности (в горном деле, геологии нефти и газа, рудной, инженерной и др., гидрогеологии, инженерной и геологической экологии).

**Оценка воздействия на окружающую среду, ОВОС** – определение масштабов и уровней воздействия проектируемой деятельности на окружающую среду, мероприятий по предотвращению или уменьшению этих воздействий, приемлемости проектных решений с экологической точки зрения.

**Памятник природы** – отдельные уникальные природные объекты, имеющие научное, познавательное, историческое, культурно-эстетическое значение. Понятие введено А. Гумбольдтом (1819). Среди них водопады, пещеры, гейзеры, ущелья, вековые деревья, скалы и др. Объекты и комплексы, объявленные П.п., полностью изымаются из хозяйственного использования, здесь запрещается любая деятельность наносящая ему вред. П.п. разделяются на геологические, гидрологические, ботанические, комплексного типа, а также включают памятники садово-паркового искусства, старые усадьбы, комплексы городских парков и садов.

**Подземная гидросфера** – та часть гидросферы, обычно невидимая, что расположена ниже земной поверхности. Это природные емкости с подземными водами, имеющими свои закономерности размещения, движения и формирования, которые являются объектом изучения гидрогеологии (в отличии от гидрологии и океанологии, которые изучают гидросферу в обычном ее понимании). Среди основных понятий П.г. – динамика подземных вод, подземный сток, подземная денудация, питание водоносного горизонта, водозабор.

**Подземная денудация** – вынос растворимых соединений или механическое перемещение твердых компонентов подземными водами. Это обобщенное понятие для таких хорошо известных процессов как карст и суффозия. П.д. активно изучается гидрогеологией и инженерной геологией, является типичным экзогенным фактором (процессы внешней динамики Земли) и дополняет поверхностную денудацию, формирующую вместе с эрозией и аккумуляцией рельеф.

**Подземное хранилище газа (ПХГ)** – искусственная залежь газа, создаваемая в водонасыщенных пластах или выработанных залежах с целью регулирования неравномерного потребления газа в лет-

ний и зимний периоды года. В летний период газ из магистрального газопровода закачивается в ПХГ, а зимой подается в разводящие газопроводы.

**Подземные воды** – воды в недрах, находящиеся в любой форме и состоянии. По физико-химическим параметрам они могут быть: 1) в свободном состоянии – пар, капельно-жидкая вода, лед; 2) физически связанными – капиллярная, пленочная или диффузионная, адсорбированная; 3) химически связанными – кристаллизационная, цеолитная, конституционная вода. По происхождению различают: инфильтрационные, конденсационные, седиментогенные, магматогенные (ювенильные, мантийные) и метаморфогенные П.в. По степени минерализации их разделяют на пресные (минерализация до 1 г солей на 1 кг воды), соленые (1-35) и рассолы, содержащие свыше 35г/кг. По преобладающему в них аниону все П.в. делят на три класса: гидрокарбонатные (и карбонатные), сульфатные и хлоридные, а каждый из классов разделяется на кальциевую, магниевую и натриевую группу. Наличие определенных компонентов позволяет обособлять П.в. бромные, железистые, йодистые, сероводородные, радиоактивные и др., а в зависимости от использования говорить о лечебных минеральных П.в. с разделением их на свои типы и группы. По форме нахождения в недрах выделяют такие их типы и группы как артезианские, верховодка, грунтовые, межпластовые, над-, меж- и подмерзлотные, по гидростатическим показателям – безнапорные и напорные, а по структуре водоносного горизонта – пластовые, трещинные (включая трещинно-жильные и трещинно-карстовые) и трещинно-пластовые. В зависимости от температуры П.в. разделяют на переохлажденные, весьма холодные, холодные, теплые, горячие (термальные), перегретые (кипящие или гейзеры). Вмешательство человека в жизнь подземной гидросферы дает возможность говорить о таких П.в. как дренажные, нефтяные, промышленные, шахтные (рудничные) и др. Весьма велика роль П.в. в формировании определенных типов экзогенных полезных ископаемых, а также гидротермальных и др.; ее наличие постоянно надо учитывать при строительстве и разработке месторождений. Наконец, П.в. – это одно из важнейших полезных ископаемых, составной элемент вещества Земли; они имеют свою очень сложную историю формирования и это основной предмет изучения гидрогеологии.

**Природопользование** – теория и практика рационального использования человеком природных ресурсов. Это среда общественно-производственной деятельности, направленной на удовлетворение потребностей человечества этими ресурсами, а также сохранения разнообразия и качества окружающей среды. Выделяют рациональное П., основанное на изучении, охране, рациональном освоении и преобразовании окружающей среды, и нерациональное П., ведущее к ускоренному исчерпанию природных ресурсов, подрыву равновесия в биосфере, снижению оздоровительных и эстетических качеств такой среды, иногда ее деградации.

**Рациональное природопользование** – система использования природных ресурсов, которая характерна для интенсивного хозяйства и активно внедряется со второй половины XX века. Геологические аспекты Р.п. включают выбор таких способов разработки полезных ископаемых, которые обеспечивают наиболее полное его извлечение при минимальном вреде для окружающей среды, наиболее полное использование добываемых полезных ископаемых, создание условий для восстановления возобновляемых природных ресурсов (главным образом подземных вод), рекультивацию земель, организацию безотходного производства, а в случае технической невозможности или экономической нецелесообразности такого решения – организация хранения отходов, сводящая до минимума вредные последствия такого мероприятия.

**Рекультивация** (от латинского возобновление, повторное восстановление обработанного, возделанного) – комплекс работ и мероприятий по восстановлению ландшафтов и земель, нарушенных хозяйственной деятельностью человека или природными процессами, а также создание на этих местах новых ландшафтов. Такие работы должны проводиться на местах разработки полезных ископаемых, нефтепроводов, строительства. Первый технический этап Р. включает восстановление рельефа (засыпка оврагов, карьеров, ликвидация или планирование отвалов горных пород и др.), а второй (биологический этап) – возвращение туда предварительно снятого почвенного слоя, лесовосстановление (выращивание лесов на вырубках, пожарах, отвалах), восстановление плодородия, включая комплекс агротехнических мероприятий.

**Экологическая геология, экогеология** – новое крупное активно развивающееся направление в науках о Земле (естествознании),

занимающееся использованием геологических знаний и методов для решения экологических вопросов и задач. В сферу Э.г. входит характеристика геологической среды, ее изменений под воздействием техногенеза, разработка методов наблюдений за ней (литомониторинг), характеристика и охрана водных ресурсов (главным образом, подземных вод), рациональная разработка полезных ископаемых, полнота их извлечения и использования, рациональное использование недр. Г.э. следует отличать от геоэкологии (преимущественно географический аспект экологических исследований), хотя строго разграничивать эти направления удастся не всегда. В настоящее время начата подготовка специалистов Г.э. профиля, появляется многочисленная литература в этой области. Близкое понятие – геологическая экология.

**Эколого-геологические исследования** – работы, проводимые с целью выявления и прогнозной оценки закономерностей и динамики изменений основных экологических параметров геологической среды, которые прямо или косвенно влияют на общую обстановку окружающей среды. В задачи Э.г.и. входит проведение комплексных геохимических, геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, ландшафтно-геохимических, сейсмогеологических, геофизических и др. работ, которые в совокупности позволяют оценить состояние геологической среды, направление процессов техногенных и физико-географических изменений, обосновать мероприятия по предупреждению или ликвидации негативных изменений. Основным объектом Э.г.и. являются почвы, донные осадки, подземные воды, растительные сообщества, техногенные отложения, проявления природных эндогенных и экзогенных процессов, техногенно-геологические системы. Одним из основных мероприятий Э.г.и. является составление эколого-географической карты, дающей графическое изображение всех этих параметров, прогнозов и рекомендаций. В системе Госкомгеологии Украины была разработана комплексная «Программа эколого-геологических работ на 1990-2005 годы», которая была одобрена и рекомендована к реализации.

**Эколого-геологическое картирование** – процесс моделирования геологической среды и ее изменений под воздействием хозяйственной деятельности. Включает картирование природных факторов (ландшафтно-геоморфологические комплексы с их динамическими свойствами, ландшафтно-геохимические условия, гидрогеологиче-



ская характеристика) и картографическое моделирование техногенных факторов (техногенные комплексы и объекты, площадная техногенная нагрузка, инженерно-геологические процессы, смена гидрогеологических и геохимических обстановок).

## ИСТОРИЯ КРУПНЕЙШИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ (хронология событий)

**1908 год.** Скважина Ойл Сити (Западная Украина) с глубины 1015 м выбрасывала в сутки 3000 т нефти, засоряя прилегающую местность; это была катастрофа мирового масштаба, осложненная попаданием нефти в реку Днестр и грандиозным пожаром.

**1925-1977 годы.** Добыча газа и нефти в штате Калифорния (США) привели к снижению уровня подземных вод на десятки метров (максимальное до 153 м) и, как следствие, к опусканию земной поверхности на 9 м.

**1929 год.** Взрыв газа в долине реки Морени на территории Румынии, который горел более полутора лет.

**1962 год.** Провал бурового инструмента на Качановском нефтяном месторождении ДДВ и воспламенившийся газовый фонтан.

**1963 год.** Взрыв газа в процессе разведки Кегичевского газового месторождения (ДДВ).

**1967 год.** У берегов Западной Европы потерпел аварию супертанкер «Торри Каньон», в море попало 120 тыс. т нефти. Огромное нефтяное пятно обезобразило прибрежные воды и берега Франции и Англии. Погибло 50 тыс. водоплавающих птиц, то есть 90 % морских птиц этих районов.

**1971 год.** Провал буровой вышки близ Дарваза (Туркменистан) и поджог газа, который продолжает гореть до сих пор.

В ноябре 1971 в порту Клайпеда произошел разлив более 16 тыс. т мазута с танкера «Глобе Асими», что отрицательно сказалось на экосистеме Балтийского моря.

**1972 год.** Взрыв углеводородной смеси в Бориславе, который привел к человеческим жертвам.

**1976 год.** В пределах крупного газового месторождения Газли (Узбекистан) в результате интенсивных буровых работ было спровоцировано землетрясение силой до 9-10 баллов.

**1978 год.** Неподалеку от французского порта Бордо затонул супертанкет «Амоко Кадис», пролилось 230 тыс. сырой нефти, образовав на поверхности воды самое большое нефтяное пятно в истории судоходства.

**1979 год.** Печальный рекорд по загрязнению морских вод принадлежит нефтяной скважине «Иксток-1» (Мексика), пробуренной у берегов полуострова Юкатан в Мексиканском заливе. Авария случилась в июне, и ежедневно в акваторию выливалось более 4 тыс. т нефти. Скважина фонтанировала более месяца, выплеснув из недр почти 0,3 млн. т нефти. Ликвидация фонтана обошлась в 131,6 млн. долларов.

**1979 год.** Крупная авария при столкновении танкеров «Этдэнтик эмпресс» и «Иджен Кэптэн» в Карибском заливе недалеко от Тринидада. В море вылилось 300 тыс. г нефти.

**1980 год.** Вступила в силу Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью, которая предусматривает полное запрещение слива таких вод и нефтяных остатков из танкеров по всей акватории Мирового океана.

**1981 год.** Ноябрьский шторм выбросил на волнорез порта Клайпеда греческий танкер «Глобус Асини». Из образовавшейся пробоины в море вытекло 10 тыс. т нефти.

**1983 год.** Недалеко от Атлантического побережья загорелся и затонул танкер «Кастило де Бельвер», в океане оказалось 250 тыс. т нефти.

**1985-2000 годы.** В процессе добычи УВ в России было зафиксировано более 130 открытых фонтанов, которые привели к тяжелым последствиям; в 55 случаях при этом взрывы сопровождались пожарами.

**1991 год.** Во время войны в Персидском заливе было взорвано 1250 нефтяных скважин, в результате чего ежедневно сгорало около 1 млн. т нефти, загрязняя воздух на многие сотни километров от Кувейта.

**1999 год.** Ракетно-бомбовые удары НАТО по военным и гражданским объектам Югославии привели к мощным пожарам и разрушениям, весьма опасному загрязнению воздуха, почвы, вод Дуная токсичными химическими веществами и нефтепродуктами.

**2003 год.** В Тегеране Прикаспийские страны подписали Конвенцию по защите морской среды Каспийского моря, целью которой является защита морской среды от загрязнения, а также сохранение, восстановление, устойчивое и рациональное использование биологических ресурсов акватории.

**2007-2012 годы.** На газопроводах России произошло более десятка прорывов газопроводов, сопровождавшихся взрывами.

**2010 год.** Взрыв и пожар на нефтяной скважине в Мексиканском заливе, сопровождавшийся разливом нефти, который относят к

числу крупнейших техногенных экологических катастроф нашего времени.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЕЕ НАРУШЕНИЯ .....	4
Структура экологии, основные ее направления .....	4
Окружающая и геологическая среда.....	8
Природные процессы и их возможные негативные последствия .....	12
Геологическая деятельность человека .....	14
Подземные воды, нарушения их состава и режима.....	21
ПОИСКИ, РАЗВЕДКА И РАЗРАБОТКА НЕФТИ И ГАЗА.....	29
Поисково-разведочные работы.....	29
Бурение и его воздействие на недра.....	31
Основные источники и объекты загрязнения .....	35
Характеристика основных районов загрязнения .....	37
ПЕРЕРАБОТКА И ТРАНСПОРТИРОВКА УГЛЕВОДОРОДОВ .....	45
Загрязнения в процессе переработки .....	45
Загрязнение при транспортировке нефти и газа .....	48
Каспийское море как регион аномального загрязнения .....	50
Газо- и нефтетранспортные системы мира и Украины .....	54
Подземное хранение газа .....	59
ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	61
Экологическое моделирование, картирование и районирование .....	61
Охрана недр, геологической среды .....	64
Инженерно-геологические исследования, рекультивация .....	67
Законодательное обеспечение охраны, международное сотрудничество. ....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76
ЛИТЕРАТУРА.....	77
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	79
КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ .....	81
ИСТОРИЯ КРУПНЕЙШИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ (хронология событий) .....	93

Навчальне видання

**СОЛОВЙОВ Володимир Остапович**  
**ФИК Ілля Михайлович**  
**ВАРАВІНА Олена Павлівна**

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА В НАФТОГАЗОВІЙ СПРАВІ**

*Навчальний посібник*

(російською мовою)

Відповідальний за випуск *Д.Ф. Донський*

Авторська редакція

Комп'ютерна верстка *Н.В. Журавльова*